



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR
DESAIN PRODUK INDUSTRI

RANCANG BANGUN PROSTHESIS BAGIAN TELAPAK TANGAN UNTUK REHABILITASI
PENDERITA KUSTA DENGAN KONSEP *PERSONAL FIT, BREATHABLE, DAN LIGHT
MOVEMENT*

NAMA MAHASISWA
ANDRIAN FIRMANSYAH
3413100051

DOSEN KOORDINATOR
PRIMADITYA, S.Sn. M.Ds
19720515 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING
DJOKO KUSWANTO, ST, MBiotech
19700912 199702 1 001

JURUSAN DESAIN PRODUK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TUGAS AKHIR – 141530

**RANCANG BANGUN PROSTHESIS BAGIAN
TELAPAK TANGAN UNTUK REHABILITASI
PENDERITA KUSTA DENGAN KONSEP
*PERSONAL FIT, BREATHABLE, DAN LIGTH
MOVEMENT***

Mahasiswa:

Andrian Firmansyah
NRP. 3413100051

Dosen Pembimbing:

Djoko Kuswanto, ST, MBiotech.
NIP. 19700912 199702 1 001

DEPARTEMEN DESAIN PRODUK

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – 141530

***DESIGN A PROSTHESIS OF PALM FOR
REHABILITATION OF LEPROSY PATIENTS
WITH PERSONAL FIT, BREATHABLE, AND
LIGHT MOVEMENT CONCEPTS.***

Student:

Andrian Firmansyah
NRP. 3413100051

Lecturer:

Djoko Kuswanto, ST, MBiotech.
NIP. 19700912 199702 1 001

***DEPARTEMENT OF PRODUCT DESIGN
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017***

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PROSTHESIS BAGIAN TELAPAK TANGAN UNTUK
REHABILITASI PENDERITA KUSTA DENGAN KONSEP PERSONAL FIT,
BREATHABLE, DAN LIGHT MOVEMENT**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Pada

Program Studi S-1 Departemen Desain Produk

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Andrian Firmansyah

NRP. 3413100051

Surabaya, 31 Juli 2017

Periode Wisuda: 116 (September 2017)

Mengetahui
Kepala Departemen Desain Produk



Ellya Zulaikha, ST., M.Sn., Ph. D
NIP. 19751014 200312 2001

Disetujui
Dosen Pembimbing

Djoko Kuswanto, ST, MBIotech.
NIP. 19700912 199702 1 001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa Departemen Desain Produk, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya:

Nama Mahasiswa : **ANDRIAN FIRMANSYAH**

NRP : 3413100051

Dengan ini menyatakan bahwa karta Tugas Akhir yang saya buat dengan judul **“RANCANG BANGUN PROSTHESIS BAGIAN TELAPAK TANGAN UNTUK REHABILITASI PENDERITA KUSTA DENGAN KONSEP *PERSONAL FIT, BREATHABLE, DAN LIGTH MOVEMENT*”** adalah

- 1) Bukan merupakan duplikasi karya yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi dicantumkan sebagai kutipan/referensi dengan cara yang semestinya.
- 2) Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan data-data hasil pelaksanaan tugas akhir dalam proyek tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dan jika terbukti tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan di atas, maka saya bersedia tugas akhir ini dibatalkan.

Surabaya, 31 Juli 2017
Yang Membuat Pernyataan



ANDRIAN FIRMANSYAH

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RANCANG BANGUN PROSTHESIS TELAPAK TANGAN UNTUK REHABILITASI PENDERITA KUSTA DENGAN KONSEP PERSONAL FIT, BREATHABLE, DAN LIGTH MOVEMENT

Nama Mahasiswa : Andrian Firmansyah
NRP : 3413100051
Departemen : Desain Produk-FTSP, ITS
Dosem Pembimbing : Djoko Kuswanto, ST, Mbiotech.
NIP : 19700912 199702 1 001

ABSTRAKSI

Jumlah kasus penderita kusta di Indonesia pada tahun 2012 hingga 2015 mengalami kenaikan hingga 3% hal ini masih banyak penderita kusta pada tahap rehabilitasi. Pada tahap rehabilitasi pasien menggunakan alat rehabilitasi. Namun alat rehabilitasi yang ada hanya untuk bagian kaki saja sedangkan untuk bagian tangan hanya berupa alat kosmetik yang menyerupai tangan asli. Kondisi ekonomi yang menengah ke bawah walaupun ada bantuan dari Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) harga dari sebuah alat rehabilitasi masih belum terjangkau oleh pasien. Maka yang dibutuhkan adalah sebuah alat bantu prostesis tangan yang tidak hanya dapat di tanggung oleh BPJS namun memiliki fungsi rehabilitasi bagi pasien.

Dengan menggunakan metode penelitian kualitatif, *deep interview*, *shadowing*, dan observasi terhadap prosthesis *open source* sebagai referensi produk yang akan dirancang. Kondisi telapak pasien yang masih ada namun memiliki bentuk yang berbeda, maka sumber tenaga untuk menggenggam adalah berasal dari gerakan pergelangan. Macam – macam part adalah senar pancing jenis PE digunakan untuk menarik jari-jemari, mur dan baut digunakan sebagai sambungan, dan penggunaan teknologi *3D Printing* sebagai mesin produksi. Setelah mendapatkan studi dan analisa, maka terbentuk konsep yang akan didesain, yaitu; *Personal fit*, *Breathable*, *Light Movement*

Kata Kunci—Kusta, Personal Fit, Breathable, dan Ligth Movement

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

***DESIGN A PROSTHESIS OF PALM FOR REHABILITATION
OF LEPROSY PATIENTS WITH PERSONAL FIT,
BREATHABLE, AND LIGHT MOVEMENT CONCEPTS.***

Name : Andrian Firmansyah
NRP : 3413100051
Department : Product Design-FTSP,ITS
Lecturer : Djoko Kuswanto, ST, MBiotech.
NIP : 19700912 199702 1 001

ABSTRACT

There has been an increase of leprosy patients in rehabilitation by 3% from 2012 to 2015 in Indonesia. In this rehabilitation phase, the patients use rehabilitation devices. But, these available devices are only available for leg rehabilitation only, while only cosmetic arms for arm rehabilitation. The price for a rehabilitation device is still costly for lower middle class members, even though Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) covers the device for a specific amount of fund. Therefore, a need for a prosthesis that can be fully covered by BPJS and also has a rehabilitation function for the leprosy patients.

This research is using a qualitative research method; deep interview, shadowing and observation on open-source prosthetics as a reference product. The palm condition of every leprosy patient is different, thus the movement power source for the grip comes from the wrist. The variation of parts for the prosthesis includes fishing line to pull the finger parts, nuts and bolts to hold the parts together and 3d printers to print every part. After the analysis and study, the concept is created which includes; Personal fit, Breathable, light movement.

Keyword-Leprosy Movement, Personal Fit, Breathable, and Light Movement

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH, yang telah memberikan kekuatan dan rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Prosthesis Bagian Telapak Tangan untuk Rehabilitasi Penderita Kusta dengan Konsep *Personal Fit*, *Breathable*, dan *Ligth Movement* ”

Keberhasilan penulis tak lepas dari bantuan banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Alm. Tajudin Nur, Ibu Alm Nur Hasanah, dan saudara-saudara atas dukungan moral, finansial dan doanya.
2. Bapak Djoko Kuswanto, ST, Mbiotech selaku dosen pembimbing dan Bapak Dr. Ir. Bambang Iskandriawan, MEng., Hertina Susandari, ST., MT, Arie Kurniawan, ST, MDs. selaku dosen penguji. Terima kasih atas ilmu dan saran yang telah diberikan.
3. Teman-teman Human Centered Design (HUCED) serta BROTHERS kontrakan HEWER terima kasih atas bantuan dan dukungannya.
4. Seluruh dosen dan karyawan Despro ITS.

Demikian laporan Tugas Akhir disusun, semoga bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis menerima kritik dan saran untuk kebaikan apabila ditemukan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 31 Juli 2017

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

ABSTRAK

ABSTRACT

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Masalah.....	8
1.4 Tujuan Perancangan	8
1.5 Manfaat	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PRODUK EKSISTING	11
2.1 Kusta tahap rehabilitasi	11
2.2 Prosthesis.....	15
2.3 3D Print Technology	16
2.4 Fused Deposition Modelling (FDM).....	17
2.5 Material 3D Printer.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1. Skema penelitian	21
3.2 Observasi tangan prostesis dari <i>open source</i>	22
3.3 Analisa pengguna	23
3.4 Kebutuhan	23
3.5 Metode Pengambilan Data	24
BAB IV STUDI DAN ANALISA	27
4.1 Skema Pemikiran.....	27
4.2 Studi Antropometri.....	28
4.3 Analisa Tangan Penyandang Kusta.....	34
4.3 Studi Material 3D Print	36
4.4 Studi Alat dan Perkakas	37

4.5	Analisa Sistem Mekanik	39
4.6	Studi Part & Komponen.....	41
4.7	Analisa Simulasi Digital	45
4.8	Analisa Uji Genggam dan Uji Tarik	47
4.9	Analisa Trial and Error	49
4.10	Analisa Eksplorasi Bentuk (Kepercayaan diri)	67
4.11	Analisa Benchmark.....	70
4.12	Analisa Persona.....	71
4.13	Analisa Positioning	72
4.14	Analisa Komparasi Purwarupa.....	73
BAB V KONSEP DESAIN		75
5.1	Sketsa Alternatif.....	76
5.2	3D Model	78
5.3	Assembling Purwarupa 5	81
5.4	Pengelompokkan Purwarupa Berdasarkan Fungsi.....	85
BAB VI.....		87
DAFTAR PUSTAKA		91
BIODATA PENULIS		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Data penyebaran kusta di Jawa Timur.....	3
Gambar 1. 2	Grafik penyebaran data kusta 2000-2015 di Jawa Timur.....	4
Gambar 1. 3	Proses terjadinya kecacatan.....	5
Gambar 1. 4	Perbedaan sudut pergelangan tangan kanan kiri akibat kecacatan otot.....	6
Gambar 1. 5	Produk-produk prosthesis dari produsen	6
Gambar 1. 6	Produk prostesis RS. Kusta Sumber Glagah	7
Gambar 1. 7	Prosthesis tangan 3D Print.....	7
Gambar 2. 1	Letak saraf tepi	11
Gambar 2. 2	Saraf yang terkena pada bagian tangan	13
Gambar 2. 3	Kelainan kulit penyakit kusta	14
Gambar 2. 4	Bentuk Tangan Kusta	14
Gambar 2. 5	Golongan kecacatan kusta	15
Gambar 2. 6	Pengaplikasian Prosthesis.....	16
Gambar 2. 7	Pengaplikasian Prosthesis.....	17
Gambar 3. 1	Skema metode penulisan	21
Gambar 3. 2	Prostesis tangan dari open source.....	22
Gambar 3. 3	Pasien rehabilitas kusta	23
Gambar 3. 4	Wawancara dengan para penderita kusta,	24
Gambar 3. 5	Prosthesis raptor reloaded.....	26
Gambar 4. 1	Skema Pemikiran.....	27
Gambar 4. 2	Data lebar telapak tangan	28
Gambar 4. 3	Data lingkaran telapak tangan.....	29
Gambar 4. 4	Data panjang telapak tangan.....	29
Gambar 4. 5	Data lebar ibu jari	30
Gambar 4. 6	Data jarak titik genggam tangan.....	30
Gambar 4. 7	Data kemampuan tangan	32
Gambar 4. 8	Proses pengukuran tangan	33
Gambar 4. 9	Hasil pengukuran tangan	33
Gambar 4. 10	Gaya genggam.....	47
Gambar 4. 11	Gaya genggam.....	64
Gambar 4. 12	Photogrammetry	65
Gambar 4. 13	3D Scanning	66
Gambar 4. 14	Robot look moodboard	67
Gambar 4. 15	Cover with pattern moodboard.....	68
Gambar 4. 16	Human look moodboard	69
Gambar 4. 17	Analisa positioning.....	72
Gambar 5. 1	Skema Konsep	75
Gambar 5. 2	Alternative 1	76
Gambar 5. 3	Alternative 2.....	76
Gambar 5. 4	Alternative 3	77
Gambar 5. 5	Alternative 4.....	77
Gambar 5. 6	Prototype 1	78
Gambar 5. 7	Prototype 2	78
Gambar 5. 8	Prototype 3	79
Gambar 5. 9	Prototype 4	79

Gambar 5. 10 Prototype 5	80
--------------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Penyebaran di luar regional Eropa	1
Tabel 1. 2	Penyebaran di regional Asia Tenggara.....	1
Tabel 1. 3	Penyebaran di regional Asia Tenggara.....	2
Tabel 1. 4	Penggolongan kekuatan motorik tangan	5
Tabel 2. 1	Fungsi normal saraf tepi.....	12
Tabel 2. 2	Kecacatan dalam saraf tepi.....	12
Tabel 2. 3	Tingkat cacat kusta.....	13
Tabel 2. 4	Penggolongan kekuatan tangan kusta	15
Tabel 2. 5	Filament PLA	18
Tabel 2. 6	Filament ABS.....	19
Tabel 2. 7	Filament PETG.....	19
Tabel 3. 1	Data Wawancara pasien	25
Tabel 4. 1	Data Antropometri	31
Tabel 4. 2	Data penyandang kusta	34
Tabel 4. 3	Studi material	36
Tabel 4. 4	Studi alat perkakas	37
Tabel 4. 5	Data Sistem Mekanik	39
Tabel 4. 6	Analisa part and komponen.....	41
Tabel 4. 7	Simulasi digital purwarupa 1	45
Tabel 4. 8	Data pengujian	48
Tabel 4. 9	Analisa trial and error.....	49
Tabel 4. 10	Analisa Collagen pada kulit	62
Tabel 4. 11	Uraian robot moodboard	67
Tabel 4. 12	Uraian cover with pattern moodboard.....	68
Tabel 4. 13	Uraian human look moodboard	69
Tabel 4. 14	Data Benchmark.....	70
Tabel 4. 15	Komparasi Purwarupa	73
Tabel 5. 1	Cara Assembling purwarupa	82

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah kasus baru kusta di dunia pada tahun 2011 adalah sekitar 219.075 jiwa. Dari jumlah tersebut paling banyak terdapat di regional Asia Tenggara (160.132) diikuti regional Amerika (36.832), regional Afrika (12.673), dan sisanya berada di regional lain di dunia. Situasi penyebaran kusta berdasarkan WHO pada awal tahun 2012 (Di luar regional Eropa) :

*Tabel 1. 1 Penyebaran di luar regional Eropa
Sumber : WHO 2012*

Regional WHO	Jumlah kasus baru yang ditemukan (Case Detection Rate)	Jumlah kasus kusta terdaftar (prevalensi) awal tahun 2012
Afrika	12.673 (3,14)	15.006 (0,37)
Amerika	36.832 (4,18)	34.801 (0,40)
Asia Tenggara	160.132 (8,75)	117.147 (0,64)
Mediterania Timur	4.346 (0,71)	7.368 (0,12)
Pasifik Barat	5.092 (0,3)	7.619 (0,05)
Total	219.075 (4,06)	181.941 (0,34)

Sementara pada regional Asia tenggara menurut WHO 2012 adalah :

*Tabel 1. 2 Penyebaran di regional Asia Tenggara
Sumber : WHO 2012*

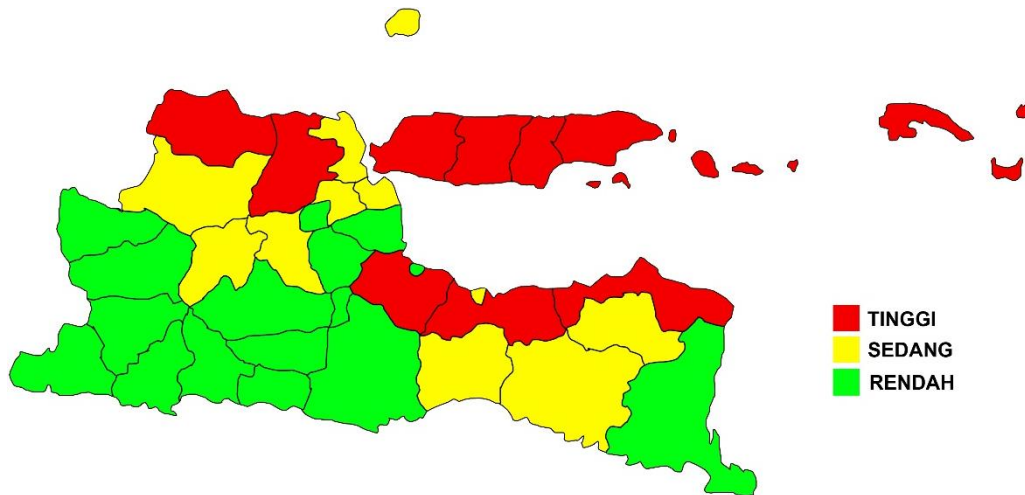
Negara	Jumlah kasus baru yang ditemukan (Case Detection Rate)	Jumlah kasus kusta terdaftar (prevalensi) awal tahun 2012
Bangladesh	3.970	3.300
Bhutan	23	29
Korea Utara	Data tidak tersedia	Data tidak tersedia
India	127.295	83.187
Indonesia	20.023	23.169
Maladewa	14	2
Myanmar	3.082	2.735
Nepal	3.184	2.410
Sri Lanka	2.178	1.565
Thailand	280	678
Timor Leste	83	72
Total	160.132	117.147

Diantara tahun 2010 – 2013 Indonesia terlihat bahwa sebanyak 14 provinsi (42,4%) termasuk dalam beban kusta tinggi. Sedangkan 19 provinsi lainnya (57,6%) termasuk dalam beban kusta rendah. Hampir seluruh provinsi di bagian timur Indonesia merupakan dengan beban kusta tinggi (pusat data informasi kesehatan Indonesia,2010-2013).

*Tabel 1. 3 Penyebaran di regional Asia Tenggara
Sumber : Pusat data informasi kesehatan Indonesia*

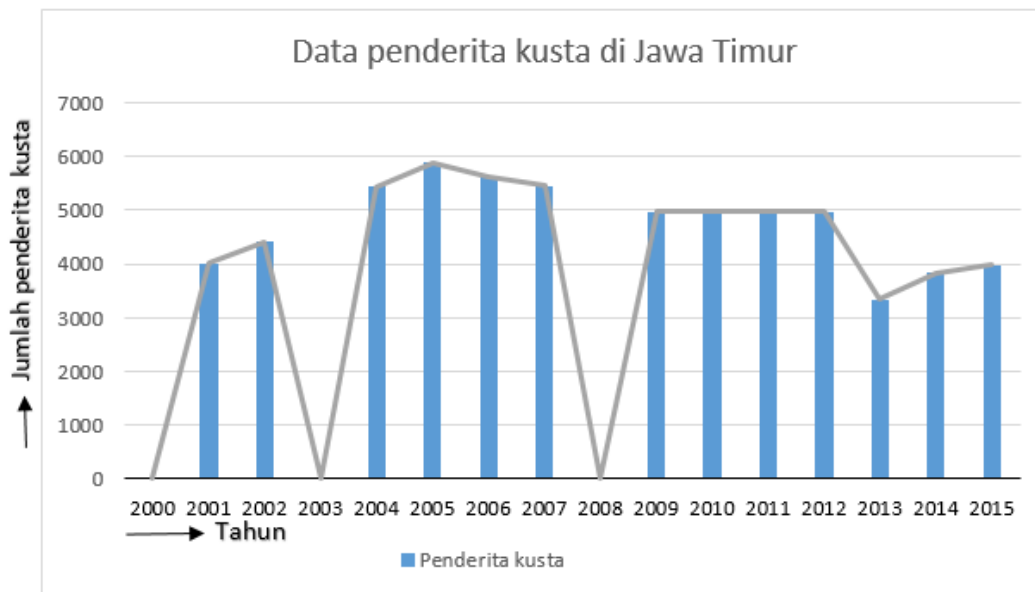
Provinsi	2011	2012	2013
	Kasus Baru (Jiwa)	Kasus Baru (Jiwa)	Kasus Baru (Jiwa)
Aceh	592	565	575
Sumatera Utara	170	179	175
Sumatera Barat	75	40	90
Riau	129	87	81
Jambi	98	59	90
Sumatera Selatan	296	67	196
Bengkulu	22	30	35
Lampung	143	145	133
Kep. Bangka Belitung	34	38	30
Kepulauan Riau	17	14	41
DKI Jakarta	541	229	281
Jawa Barat	2.185	2.316	2.180
Jawa Tengah	2.275	1.513	1.765
DI Yogyakarta	79	135	57
Jawa Timur	5.284	3.576	4.132
Banten	500	757	702
Bali	114	100	88
Nusa Tenggara Barat	370	394	347
Nusa Tenggara Timur	282	349	159
Kalimantan Barat	52	31	26
Kalimantan Tengah	61	64	37
Kalimantan Selatan	185	176	161
Kalimantan Timur	183	49	157
Sulawesi Utara	394	428	361
Sulawesi Tengah	320	364	324
Sulawesi Selatan	1.338	1.084	1.172
Sulawesi Tenggara	322	222	243
Gorontalo	187	220	214
Sulawesi Barat	159	211	174
Maluku	671	649	397
Maluku Utara	597	535	518
Papua Barat	831	363	733
Papua	1.515	1.134	1.180

Penyebaran penderita Kusta di Provinsi Jawa Timur meliputi pantai utara Jawa dan Madura. Penduduk Provinsi Jawa Timur yang mengalami cacat Kusta sejak tahun 1994 sampai dengan sekarang sebanyak 10.714 orang. (Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur,2012).



*Gambar 1. 1 Data penyebaran kusta di Jawa Timur
Sumber : Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur*

Pergerakan penyakit kusta dapat dilihat dari data statistik jumlah setiap tahunnya pada sebuah daerah. Contoh penyebaran kusta dari tahun 2000 - 2015 pada daerah Provinsi Jawa Timur yang merupakan penyumbang penyandang kusta tertinggi di Indonesia. (Depkes.2012).



*Gambar 1. 2 Grafik penyebaran data kusta 2000-2015 di Jawa Timur
Sumber : Bank Data DepKes,2012*

Dapat di simpulkan bahwa angka penyebaran kusta masih tinggi. Kenaikkan jumlah kusta dari tahun 2013-2015 mencapai 3% yang artinya masih memerlukan tahap rehabilitas pada penderita.

Pada rehabilitasi penderita kusta, terjadi kecacatan tergantung dari fungsi serta saraf mana yang rusak. Secara umum fungsi saraf ada 3 macam, yaitu fungsi motorik memberikan kekuatan pada otot, fungsi sensorik memberi sensasi raba, nyeri dan suhu serta fungsi otonom mengurus kelenjar keringat dan kelenjar minyak. Kecacatan tergantung pada 3 komponen mana yang terkena maupun kombinasi dari 3 saraf tersebut. Berikut skema terjadinya kecacatan akibat kerusakan dari fungsi (DepKes,2012) :



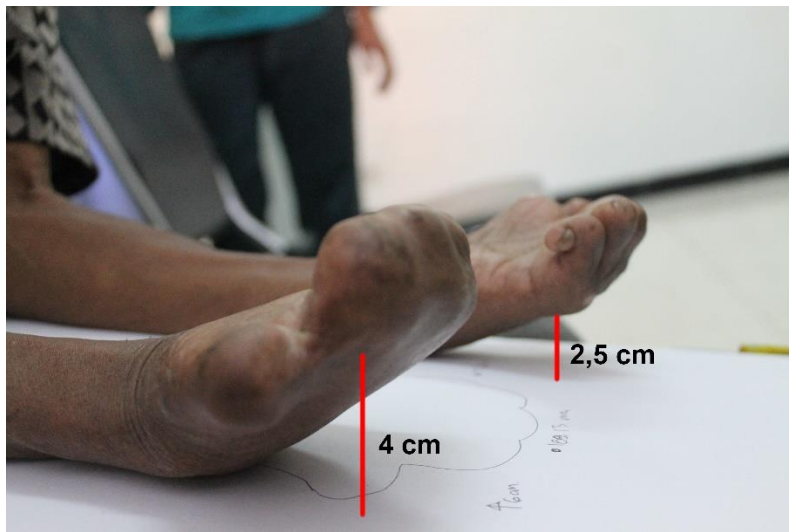
Gambar 1. 3 Proses terjadinya kecacatan
Sumber : DepKes,2012

Salah satu cacat motorik pada bagian tangan pasien mengakibatkan penggolongan kekuatan tangan pasien kusta yaitu :

Tabel 1. 4 Penggolongan kekuatan motorik tangan
Sumber : RS Kusta, 2012

Saraf motorik	Golongan 3	Golongan 4	Golongan 5
Tangan	Dapat menggenggam Tidak kuat mengangkat	Dapat menggenggam Kuat mengangkat Tidak kuat menahan tekanan	Dapat menggenggam Kuat mengangkat Kuat menerima tekanan

Pada tahap survey pada RS. Kusta Sumberglagah bahwa setiap tangan pasien memiliki golongan kekuatan motorik tangan yang berbeda dan pada umumnya adalah golongan 3 dan 4 dalam satu pasien.



*Gambar 1. 4 Perbedaan sudut pergelangan tangan kanan kiri akibat kecacatan otot
Sumber : Dokumen penulis*

Pada tahap pencegahan dan rehabilitasi pada tangan adalah dengan menggunakan alat bantu untuk aktivitas sehari-hari yang di modifikasi untuk digunakan dengan kondisi cacat tangan (DepKes,2012).

Surabaya Prosthetic dan Orthopaedic (SPO) menyediakan berbagai macam tangan dan kaki buatan. Produk SPO berupa prosthesis kosmetik, yaitu dimana lengan tidak memiliki sistem pergerakan, namun bentuknya menyerupai tangan manusia (Millstein, 1986). Harga dari sebuah prosthesis tangan yang diproduksi oleh SPO adalah Rp 7 juta.



*Gambar 1. 5 Produk-produk prosthesis dari produsen Surabaya Prosthesis & Orthopaedic
Sumber : Dokumen penulis*

Rumah Sakit Kusta Sumberglagah juga menyediakan prosthesis tangan dan kaki. Berbagai prosthesis di Sumberglagah diproduksi oleh pihak rumah sakit sendiri dari kosmetik hingga mekanik. Harga prosthesis tangan kosmetik yang

disediakan oleh RSK Sumberglagah adalah Rp 5 juta. Namun, Pihak BPJS menutupi biaya prosthesis tangan hingga Rp 2.5 juta (Gatot, kepala Rehabilitasi medis RSK Sumberglagah, 2016)



*Gambar 1. 6 Produk prosthesis RS. Kusta Sumber Glagah
Sumber : Dokumen penulis*

Prosthesis tangan (alat bantu tangan) dengan metode *3D printed* menggunakan sumber tenaga mekanik manusia dan ada yang menggunakan sistem mekatronika untuk sumber pergerakannya. Harga sebuah prosthesis dengan sistem mekatronika bisa mencapai \$40.000 sedangkan harga prosthesis non - mekatronika hanya \$5 (Muller, 2015).



*Gambar 1. 7 Prosthesis tangan 3D Print
Sumber : Enable.org*

Berdasarkan pernyataan Muller, berbagai negara berkembang telah memproduksi prosthesis tangan *3D printed*. Metode *3d printing* untuk prosthesis tangan merupakan pilihan yang sesuai bagi masyarakat dengan kelas ekonomi menengah kebawah (Ebeling, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

1. Kecacatan 3 saraf yang timbul pada penyandang kusta yaitu saraf sensorik, motorik, dan otonom. **Maka diperlukan desain protesis yang menyesuaikan dengan kecacatan saraf.**
2. Harga protesis eksisting di Indonesia yang mahal dan hanya berupa protesis kosmetik serta protesis dengan sistem mekatronika yang juga mahal. **Maka diperlukan protesis yang terjangkau dan menggunakan sistem mekanik (menggunakan kekuatan pergelangan tangan) agar harga protesis terjangkau.**
3. Perbedaan golongan kecacatan saraf tangan menimbulkan perbedaan kekuatan. **Sehingga diperlukan meng-*custom* protesis yang ringan dan menyesuaikan dengan kondisi cacat tangan.**

1.3 Batasan Masalah

1. Memfasilitasi dengan menyesuaikan 3 kecacatan saraf tangan pasien, yaitu saraf sensorik, motorik, dan otonom.
2. Menggunakan *3D Print* dan non mekatronika.
3. Protesis mensupport bagian tangan saja.
4. Protesis mensupport golongan tangan 3 (pasien dapat menggenggam saja) dan golongan 4 (pasien dapat menggenggam dan mengangkat).
5. Aktivitas dasar yang dicapai dengan protesis adalah menggenggam.

1.4 Tujuan Perancangan

1. Menghasilkan desain protesis sesuai dengan 3 kecacatan saraf tangan yaitu saraf sensorik, motorik, otonom. Protesis bersifat aman, ringan, dan memiliki sirkulasi udara.
2. Menghasilkan protesis yang terjangkau dan sistem non-mekatronika agar tercover BPJS.
3. Menghasilkan sistem desain mekanik yang sesuai dengan kekuatan golongan motorik 3 dan 4.

1.5 Manfaat

Pasien :

1. Mendapatkan prosthesis yang menyesuaikan dengan kecacatan tangan pasien.
2. Mendapatkan prosthesis yang terjangkau.
3. Terbantu aktivitas dasar untuk menggenggam.
4. Dapat memotivasi agar pasien untuk kegiatan mandiri.

Desainer :

1. Mengembangkan prosthesis tangan yang terjangkau dimasa mendatang.
2. Menghasilkan prosthesis tangan yang sesuai dengan kondisi tangan pasien.
3. Menghasilkan prosthesis dengan teknologi *rapid prototyping*.

Stakeholder :

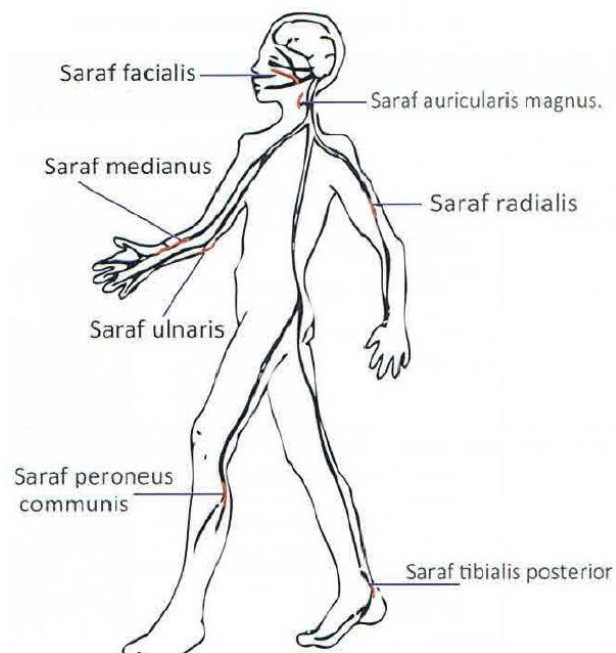
1. Menambahkan kebaruan pada produk prosthesis yang dihasilkan.
2. Meningkatkan kemampuan manufakturing prosthesis Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN PRODUK EKSISTING

2.1 Kusta tahap rehabilitasi

Terjadinya cacat tergantung dari fungsi serta saraf mana yang rusak. Pada umumnya cacat kusta diakibatkan kerusakan pada saraf-saraf tepi seperti di tunjukkan di bawah ini (Depkes,2012) :



Gambar 2. 1 Letak saraf tepi
Sumber : Depkes, 2012

Berikut tabel fungsi normal beberapa saraf tepi seperti yang ada pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 1 Fungsi normal saraf tepi

Sumber : Depkes. 2012

Saraf	Fungsi		
	Motorik	Sensorik	Otonom
Auricularis magnus		Mempersarafi area belakang telinga	Mempersarafi kelenjar keringat, kelenjar minyak dan pembuluh darah
Facialis	Mempersarafi kelopak mata agar bisa menutup		
Ulnaris	Mempersarafi jari manis dan jari kelingking	Rasa raba telapak tangan: jari kelingking & separuh jari manis	
Medianus	Mempersarafi ibu jari, telunjuk dan jari tengah	Rasa raba telapak tangan bagian ibu jari, telunjuk, jari tengah, separuh jari manis	
Radialis	Kekuatan pergelangan tangan		
Peroneus communis	Kekuatan pergelangan kaki		
Tibialis posterior	Mempersarafi jari kaki	Rasa raba telapak kaki	

Berikut adalah tabel akibat gangguan pada fungsi saraf :

Tabel 2. 2 Kecacatan dalam saraf tepi

Sumber : Depkes, 2012

Saraf	Fungsi		
	Motorik	Sensorik	Otonom
Facialis	Kelopak mata tidak menutup		Kekeringan dan kulit retak akibat kerusakan kelenjar keringat, minyak dan aliran darah
Ulnaris	Jari manis dan kelingking lemah/ lumpuh/kiting	Mati rasa telapak tangan bagian jari manis dan kelingking	
Medianus	Ibu jari, telunjuk & jari tengah lemah, lumpuh/kiting	Mati rasa telapak tangan bagian ibu jari, jari telunjuk dan jari tengah	
Radialis	Tangan lunglai		
Peroneus	Kaki semper		
Tibialis posterior	Jari kaki kiting	Mati rasa telapak kaki	

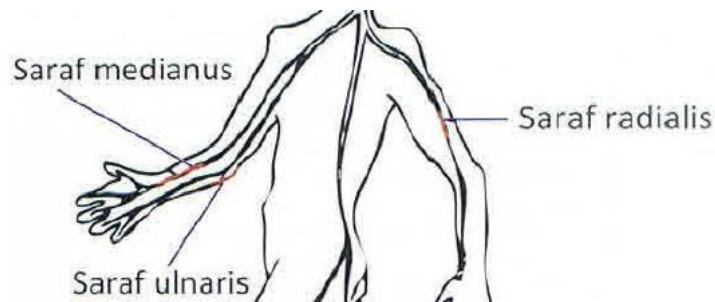
Kecacatan kusta memiliki 3 tingkatan, yaitu cacat tingkat 0, cacat tingkat 1, dan cacat tingkat 2, Berikut tabel tingkat kecacatan yang di alami (WHO,1997) :

Tabel 2. 3 Tingkat cacat kusta
Sumber : DepKes,2012

Tingkat	Mata	Telapak tangan/kaki
0	Tidak ada kelainan pada mata akibat kusta.	Tidak ada cacat akibat kusta.
1	Ada kerusakan karena kusta (anestesi pada kornea, tetapi gangguan visus tidak berat visus > 6/60: masih dapat menghitung jari dari jarak 6 meter).	Anestesi, kelemahan otot. (Tidak ada cacat/kerusakan yang kelihatan akibat kusta).
2	Ada lagofthalmos, iridosiklitis, opasitas pada kornea serta gangguan visus berat (visus < 6/60: tidak mampu menghitung jari dari jarak 6 meter).	Ada cacat/kerusakan yang kelihatan akibat kusta , misalnya ulkus, jari kiting, kaki semper.

2.1.1 Kecacatan kusta pada bagian tangan

Kecacatan yang terjadi di bagian tangan mencakupi saraf yang bersangkutan yaitu saraf *Ulnaris*, saraf *Medianus*, saraf *Radialis*.



Gambar 2. 2 Saraf yang terkena pada bagian tangan
Sumber : Depkes, 2012

Penyakit kusta memiliki tanda-tanda utama atau tanda kardinal (*cardinal sign*), yaitu :

1. Kelainan kulit yang mati rasa.

Kelainan kulit dapat berbentuk bercak putih (*hipopigmentasi*) atau kemerahan (*eritema*) yang mati rasa (*anestesi*).

2. Penebalan saraf tepi yang di sertai dengan gangguan fungsi saraf. Gangguan fungsi saraf ini merupakan akibat dari peradangan saraf tepi (*neuritis perifer*) kronis.

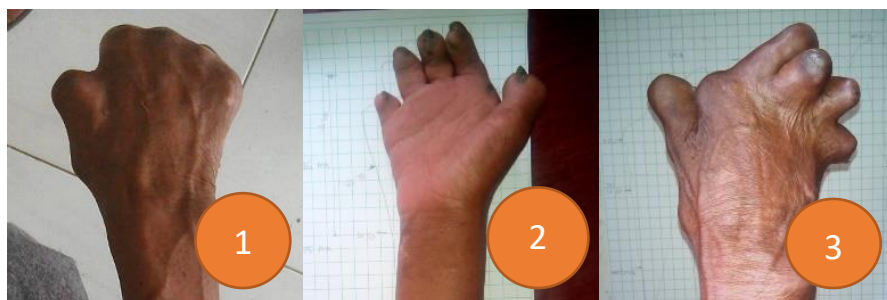
Gangguan fungsi saraf ini bisa berupa:

- a. Gangguan fungsi saraf sensoris: mati rasa.
- b. Gangguan fungsi motoris: kelemahan (*paresis*) atau kelumpuhan (*paralis*) otot.
- c. Gangguan fungsi otonom: kulit kering dan retak-retak.



Gambar 2. 3 Kelainan kulit penyakit kusta
Sumber : Dokumen penulis

Cacat pada tingkat 2 berarti cacat atau kerusakan yang terlihat dan menimbulkan cacat serius. Pada bagian tangan terjadi *Deformasi* yang disebabkan oleh kelumpuhan otot atau jari kontrakturi dan hilangnya jaringan (antropi) atau rearsorsi parsial dari jari-jari. (DepKes, 2012)



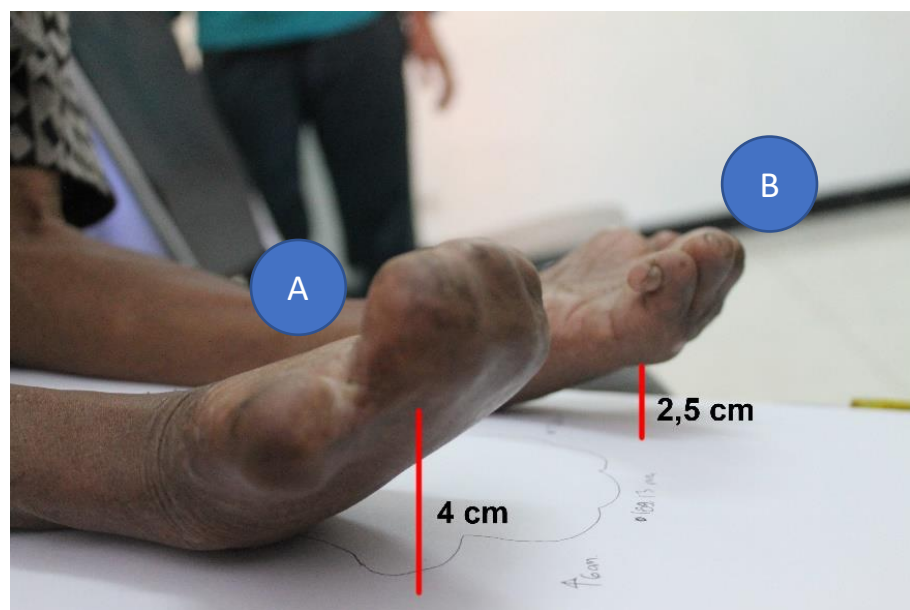
Gambar 2. 4 (1) telapak tidak memiliki ruas jari, (2) Telapak memiliki 1 atau ½ ruas jari, (3) Telapak dengan kondisi ekstrim.
Sumber : Dokumen penulis

Pada saraf motorik tangan, kecacatan itu menimbulkan pengolongan kekuatan yaitu terlihat pada tabel bawah ini :

*Tabel 2. 4 Penggolongan kekuatan tangan kusta
Sumber : RS. Kusta, 2016*

Golongan	Deskripsi	Kondisi
3	Dapat menekuk jari	Lemah
4	Dapat menekuk jari Dapat mengakat	Sedang
5	Dapat menekuk jari Dapat mengakat Dapat menerima tekanan	Tidak ada cacat

Pasien kusta pada setiap tangannya mengalami golongan kekuatan tangan yang berbeda di setiap tangannya. Berikut gambar kondisi telapak tangan pasien kusta.



*Gambar 2. 5 A. Golongan 4 kusta, B Golongan 3 Kusta
Sumber : Dokumen Penulis*

2.2 Prosthesis

Prosthesis merupakan sebuah alat kesehatan yang didesain untuk menggantikan bagian tubuh tertentu untuk membantu pasien mendapatkan kembali fungsi tertentu setelah bagian tubuhnya cidera berat karena kecelakaan atau terkena penyakit.

2.2.1. Eksisting prostesis tangan pada luar negeri.

Tangan Prosthetis memiliki beberapa macam yaitu tangan bionic, mechanic 3d print, konvensional 3d print,



*Gambar 2. 6 Pengaplikasian Prosthesis
Sumber : Enable*

2.3 3D Print Technology

3D Printing atau additive manufacturing adalah sebuah proses dalam manufaktur untuk mencetak 3D solid dimensi dari file digital atau CAD (Computer Aided Design). File CAD dibuat dari 3D model dengan menggunakan aplikasi peranti lunak seperti AutoCAD, Solidwork dan Solid Edge, yang dalam penelitian ini menggunakan Autodesk Fusion 360, dan biasanya terintegrasi dengan 3D Scanner (untuk menggandakan eksisting objek) sebelum melakukan pengolahan file ke dalam tahap berikutnya

Tidak semua 3D print menggunakan teknologi yang sama. Beberapa diantaranya menggunakan metode melting atau softening material pada tahap layering. Selektif Laser Sintering (SLS) dan Fused Deposition Modeling (FDM) adalah teknologi yang umum digunakan dalam 3D Print (www.3dprinting.com).

Sejak tahun 2010, American Society for Testing and Material (ASTM) group dalam klasifikasinya “ASTM F42–Additive Manufacturing” membagi proses additive manufaktur menjadi 7 kategori, diantaranya:

1. Vat Photopolymerisation

1.2 Stereolithography (SLA)

1.3 Continuous Liquid Interface Production (CLIP)

2. Material Jetting

3. Material Extrusion

3.1 Fused Deposition (FDM)

3.2 Fused Filament Fabrication (FFF)

4. Powder Bed Fusion

4.1 Selective Laser Sintering

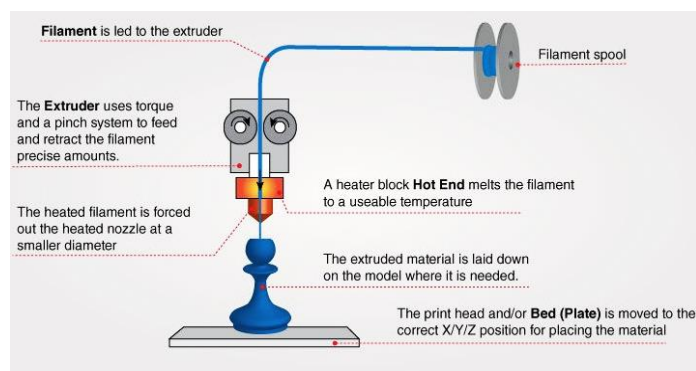
5. Sheet Lamination

6. Directed Energy Deposition

2.4 Fused Deposition Modelling (FDM)

Teknologi FDM bekerja menggunakan material filamen plastik atau filamen jenis logam yang dilepaskan dari kumparan dan mensupply bahan tersebut ke nozzle ekstrusi yang berfungsi sebagai konversi dan pengontrol. Nozzle dipanaskan untuk mencairkan material filament dan memindahkan di kedua arah horizontal dan vertical dengan mekanisme control secara numerik, dikendalikan langsung melalui piranti perangkat lunak computer (CAM). Objek 3D yang dibuat dibentuk secara layer by layer dari proses ekstrusi nozzle. Material yang paling digunakan dalam hal ini adalah tipe filamen ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) dan PLA (Polylactic Acid).

FDM dikembangkan oleh Scott Crump pada akhir tahun 1980an. Setelah mematenkan teknologi tersebut, dia mulai mendirikan perusahaan Stratasys pada tahun 1989. Dasar prinsip kerja mesin FDM adalah mengekstrusi 2 material, satu untuk mengekstrusi model dan satu lainnya untuk mengekstrusi struktur pendukung model.



Gambar 2. 7 Pengaplikasian Prosthesis
Sumber : Dokumen penulis


2.5 Material 3D Printer

Filament adalah material yang digunakan dalam proses pencetakan atau lebih tepatnya material yang diekstrusi pada mesin 3D Print, termoplastik adalah sebagian dari banyaknya jenis material yang umumnya digunakan dalam proses 3D Print. Berikut merupakan jenis material 3D Print :

2.5.1 PLA (*Polylactic Acid*)

PLA adalah salah satu filament dari 2 jenis material yang paling umum digunakan dalam proses desktop 3D print selain filament ABS. Merupakan rekomendasi default material pada desktop 3D print. filament PLA, memiliki beberapa kelebihan, seperti : tidak berbau, rendah-warp, dan membutuhkan panas bed yang rendah. Selain itu, filament PLA adalah material yang ramah lingkungan, terbuat dari pati jagung yang merupakan sumber daya terbarukan dan membutuhkan sedikit energi untuk 6T87Y87memproses dibandingkan dengan plastik tradisional (berbasis minyak bumi).


*Tabel 2. 5 Filament PLA
Sumber : Dokumen Penulis*

	Extruder Temperatur : 180 ⁰ – 220 ⁰ C
	Bed Temperatur : 20 ⁰ – 55 ⁰ C
	Bed Adhesion : <i>Blue Painters Tape</i>
	Diameter Filament : 1.75mm, 3mm

2.5.2 ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

ABS adalah material filament yang umum digunakan dalam proses desktop 3D print selain filament PLA. Terbaik digunakan untuk membuat model 3D yang tahan lama dan menahan suhu yang lebih tinggi. Bila dibandingkan dengan filament PLA, filament ABS cenderung sedikit rapuh namun lebih ulet. Dan dapat ditambahkan *acetone* pada *post-process* untuk hasil mengkilap. Ketika proses cetak 3D print dengan filament ABS, direkomendasikan permukaan bed dipanaskan, sehingga plastic ABS dapat mengikat ketika didinginkan untuk membentuk objek 3D.


Tabel 2. 6 Filament ABS
Sumber : Dokumen Penulis

	Extruder Temperatur : 220 ⁰ – 235 ⁰ C
	Bed Temperatur : 80 ⁰ – 110 ⁰ C
	Bed Ahesion : <i>KaptonTape/Hairspray</i>
	Diameter Filament : 1.75mm, 3mm

2.5.3 PET (PETG, PETT) Polyethylene Terephthalate

PETG adalah material filament yang digunakan dalam industri dengan beberapa kelebihan fiturnya. Mengkombinasikan kemudahan penggunaan filament PLA dan *durability* dari filament ABS. *Strength* filament PET lebih baik dari filament PLA dan disetujui oleh FDA untuk jenis tempat makanan dan alat - alat yang digunakan untuk mengkonsumsi makanan. Tidak seperti filament ABS, hampir tidak melengkung (*warps*) dan tidak menimbulkan bau atau asap saat dicetak. Filament PET tidak *biodegradable*, namun 100% filamet PET dapat diperbarui.

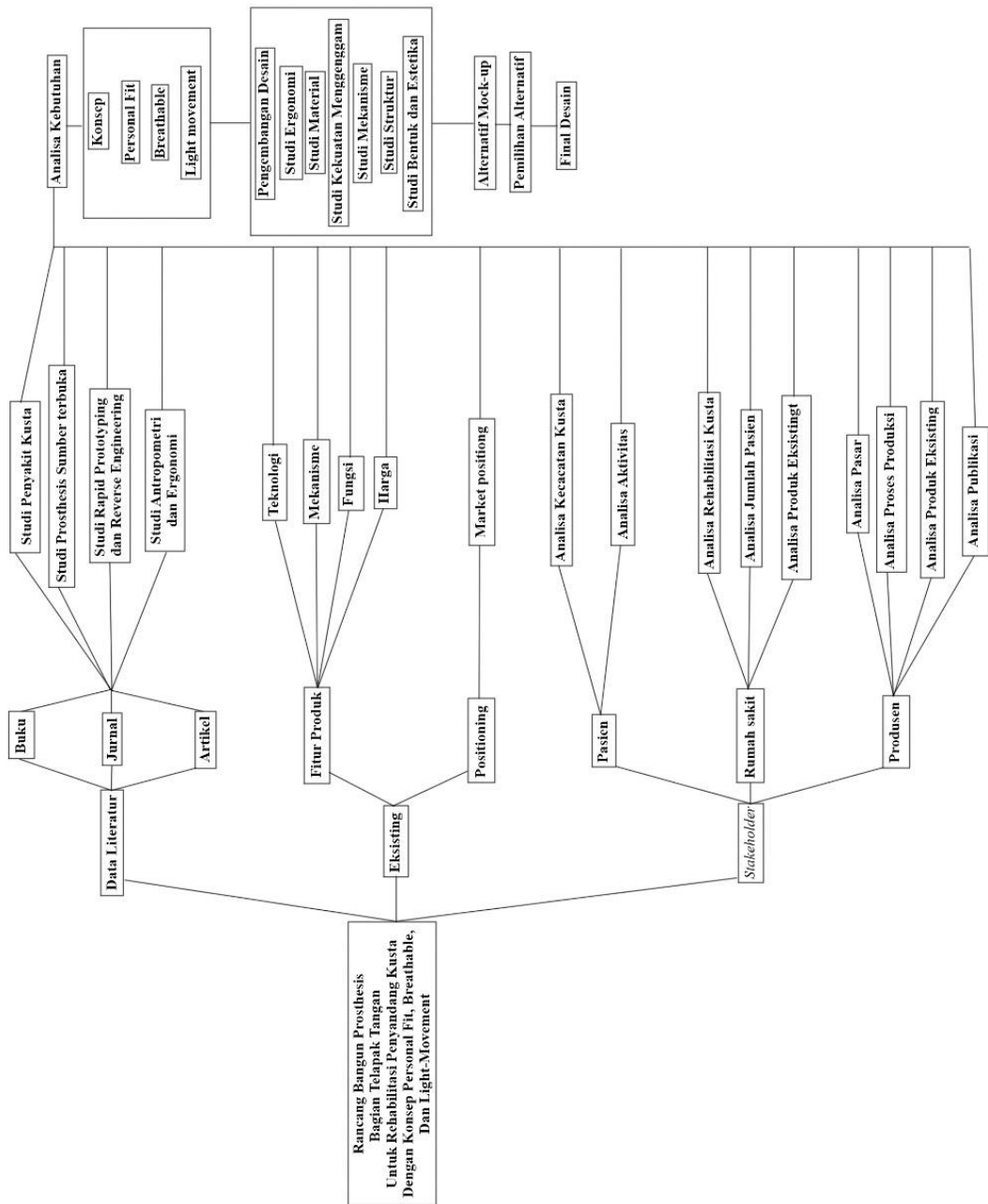
Tabel 2. 7 Filament PETG
Sumber : Dokumen Penulis

	Extruder Temperatur : 230 ⁰ – 255 ⁰ C
	Bed Temperatur : 55 ⁰ – 75 ⁰ C
	Bed Ahesion : <i>Blue Painters Tape</i>
	Diameter Filament : 1.75mm, 3mm

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Skema penelitian

Berikut adalah skema penelitian dalam perancangan ini:



Gambar 3. 1 Skema metode penulisan
Sumber : Dokumen penulis

Penelitian yang digunakan dalam perancangan ini adalah melalui pendekatan kualitatif, hal ini berdasarkan rumusan yang muncul dalam penelitian ini mengharuskan perancang untuk melakukan berbagai eksplorasi untuk memahami dan menjelaskan masalah-masalah yang menjadi fokus permasalahan dalam perancangan ini. Kemudian, pengumpulan berbagai data dan informasi akan dilakukan melalui teknik observasi, wawancara, merakit tangan protesis dari *open source*, dan studi dokumentasi terhadap sumber-sumber data yang diperlukan. Menurut Lexy J. Moleong (2004:131), penggunaan pendekatan kualitatif dalam penelitian ini adalah dengan mencocokkan antara realita empirik dengan teori yang berlaku dengan metode deskriptif.

3.2 Observasi tangan protesis dari *open source*

Penelitian ini dimulai dengan mengambil file tangan protesis dari organisasi virtual mencetak 3D empat produk *open source* tangan protesis yang memiliki sistem mekanika genggam. Tangan-tangan protesis ini disediakan oleh organisasi E-nable. Setelah semua produk dicetak, dilakukan perakitan sesuai petunjuk yang sudah disediakan oleh E-nable.



Gambar 3. 2 Prottesis tangan dari *open source*
Sumber : Dokumen Penulis

Observasi pada tangan-tangan protesis *open source* ini dilakukan dengan menguji setiap cara kerja sistem mekanika produknya. Sistem mekanis ini terdiri dari sistem joint, senar, dan sistem tarik balik jari-jari. Observasi pada joint adalah penggunaan pin sebagai pivot atau bahan Flexi yang di cetak lewat *3D Printer*. Selanjutnya, observasi dilakukan pada jenis senar yang digunakan untuk sistem mekanika. Jenis senar yang digunakan pada tangan protesis ini berkaitan erat dengan kekuatan menggenggam. Kemudian, observasi pada

sistem tarik balik jari-jari dilakukan. Terdapat tiga jenis, yaitu penggunaan karet gelang yang mengikat setiap ruas jari, penggunaan tali elastis, dan bahan flexi yang sekaligus menjadi joint pada ruas jari. Observasi pada material utama tangan prosthesis menentukan bahan yang terjangkau bagi *enterprise* kecil, namun cukup rigid untuk di\jadikan tangan prosthesis. Metode yang digunakan dalam mengobservasi empat tangan prosthesis ini menggunakan data primer dan uji kekuatan menggenggam.

3.3 Analisa pengguna

Penderita kusta yang telah pulih mengalami kehilangan sebagian atau keseluruhan jari-jari. Observasi pada orang yang mengalami kecelakaan pada tangan dibatasi pada hilangnya pergelangan tangan. Observasi pada kedua pengguna ini dilakukan untuk menentukan letak pivot tarik senar yang digunakan untuk menggenggam. Maka, metode yang digunakan adalah deep interview, *shadowing*, dan pengambilan data primer.



*Gambar 3. 3 Pasien rehabilitas kusta
Sumber : Dokumen Penulis*

3.4 Kebutuhan

Setelah mengobservasi semua faktor yang berkaitan dalam perancangan tangan prosthesis, maka dihasilkan sebuah kesimpulan berupa kebutuhan. Maka, kebutuhan yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Sistem mekanika yang dapat membentuk genggaman tangan dan beroperasi untuk mengangkat barang.
2. Bahan yang sesuai terjangkau dan cukup rigid.
3. Tangan prostesis yang dapat membantu kegiatan sehari-hari pengguna.

3.5 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data adalah primer dan sekunder. Data primer dilakukan pada observasi tangan prostesis dengan menganalisa produknya secara langsung, dan mensurvey pengguna yang membutuhkan tangan prostesis. Data sekunder diperoleh dari *open source* yang kemudian dianalisa dengan cara pendapatan data primer. Data sekunder lain didapatkan pada jurnal, konferensi, buku, artikel dan berbagai situs yang berkaitan dengan tangan prostesis. Kedua data yang diperoleh ini akan menjadi referensi studi analisa yang ditujukan untuk menyelesaikan masalah pada perancangan ini.

3.5.1 Deep Interview

Metode ini melakukan interview pada penderita kusta (*partial-hand amputation*) beserta pihak Rumah sakit Kusta Sumberglagah, Pertanyaan secara general diutarakan untuk menggali kesusahan-kesusahan yang dialami untuk menemukan sebuah permasalahan yang dapat ditemukan apa yang menjadi kebutuhan mereka. Berikut berupa tabel dalam *deep interview*.



Gambar 3. 4 (kiri) wawancara dengan para penderita kusta yang sudah pulih dan direhabilitasi, (kanan) Dokter Gatot, pihak yang menangani para penderita kusta,
Sumber : Dokumen penulis

*Tabel 3. 1 Data Wawancara pasien
Sumber : Data Penulis*

<p>Nama: Usia: 60 tahun Pekerjaan: petani Status tangan: hilangnya semua jari akibat penyakit kusta.</p>	<p>Bagaimana pengaruh hilangnya tangan kanan pada keseharian, seperti makan, minum ataupun melepas dan memakai pakaian?</p> <p>Bagaimana anda tetap bertani saat semua jari di tangan kanan bapak sudah tidak ada?</p> <p>Bagaimana cara anda menggenggam sesuatu, seperti stang motor?</p>
<p>Nama: Dokter Gatot Pekerjaan: dokter yang membantu untuk membuat prosthesis</p>	<p>Prosthesis apa saja yang dibuat di RSK Sumberglagah?</p> <p>Bagaimana tanggapan para penderita kusta saat diberikan prosthesis tangan?</p> <p>varian prosthesis tangan yang diproduksi oleh RSK Sumberglagah apa saja?</p> <p>Berapa lama pembuatan prosthesis tangan?</p> <p>Jenis tangan prosthesis mana yang sering digunakan oleh penderita kusta yang sudah pulih?</p> <p>Harga tangan prosthesis berapa?</p>

3.5.2. Merakit Tangan protesis dari open source

Merakit tangan protesis *open source* dalam perancangan ini dengan tujuan untuk mempelajari konfigurasi komponen-komponen yang berpengaruh pada cara kerja sistem mekanikanya. Konfigurasi komponen yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

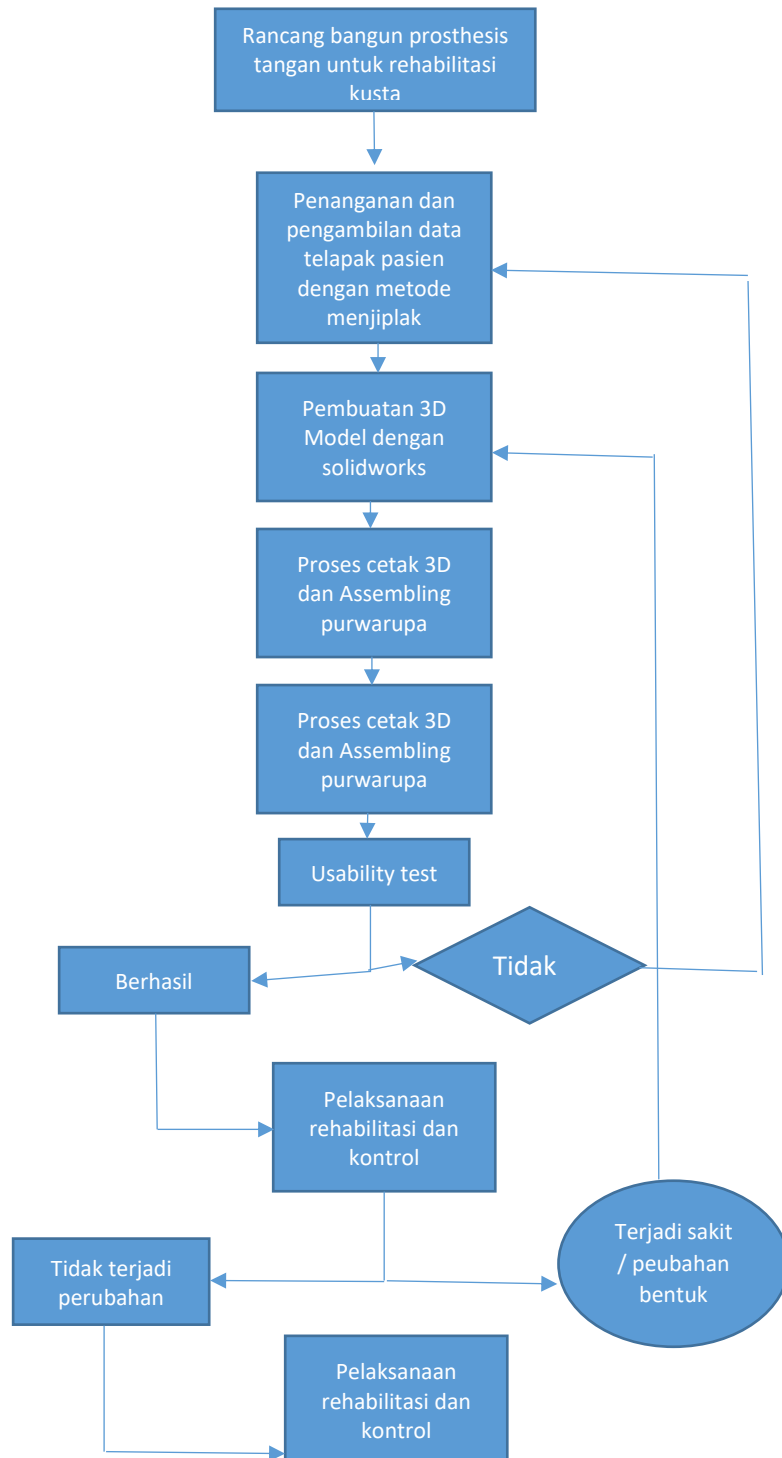
- a. Sudut pergelangan yang dibutuhkan untuk menggenggam
- b. Sistem mekanik senar yang efektif untuk penyanggah
- c. Posisi relatif antara setiap jari-jari.



*Gambar 3. 5 Prosthesis raptor reloaded
Sumber : E-nable*

BAB IV STUDI & ANALISA

4.1 Skema Pemikiran



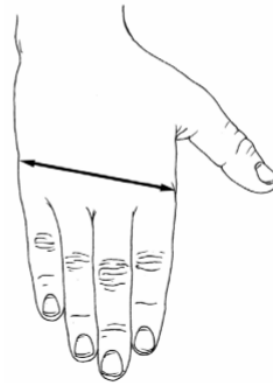
Gambar 4. 1 Skema Pemikiran
Sumber : Data penulis

4.2 Studi Antropometri

4.2.1 Studi Antropometri Tangan dan Siku

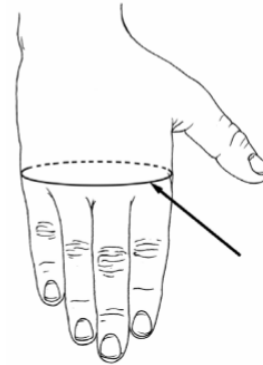
Berikut adalah data antropometri bagian telapak menurut *Claire C. et. al, 1988*.

Hand Breadth					
FEMALE N = 2208			MALE N = 1774		
Centimeters		Inches	Centimeters		Inches
7.94	Mean	3.13	9.04	Mean	3.56
.38	Std Dev	.15	.42	Std Dev	.17
9.80	Maximum	3.86	10.60	Maximum	4.17
6.60	Minimum	2.60	7.70	Minimum	3.03
Percentiles			Percentiles		
7.09	1 st	2.79	8.07	1 st	3.18
7.19	2 nd	2.83	8.19	2 nd	3.22
7.25	3 rd	2.86	8.27	3 rd	3.25
7.34	5 th	2.89	8.36	5 th	3.29
7.47	10 th	2.94	8.51	10 th	3.35
7.56	15 th	2.98	8.61	15 th	3.39
8.63	20 th	3.00	8.69	20 th	3.42
7.69	25 th	3.03	8.75	25 th	3.45
7.74	30 th	3.05	8.82	30 th	3.47
7.79	35 th	3.07	8.87	35 th	3.49
7.84	40 th	3.09	8.93	40 th	3.51
7.89	45 th	3.11	8.98	45 th	3.54
7.93	50 th	3.12	9.03	50 th	3.56
7.98	55 th	3.14	9.09	55 th	3.58
8.03	60 th	3.16	9.14	60 th	3.60
8.08	65 th	3.18	9.20	65 th	3.62
8.13	70 th	3.20	9.26	70 th	3.64
8.18	75 th	3.22	9.32	75 th	3.67
8.25	80 th	3.25	9.40	80 th	3.70
8.32	85 th	3.28	9.48	85 th	3.73
8.42	90 th	3.31	9.59	90 th	3.78
8.56	95 th	3.37	9.76	95 th	3.84
8.66	97 th	3.41	9.86	97 th	3.88
8.74	98 th	3.44	9.93	98 th	3.91
8.86	99 th	3.49	10.04	99 th	3.95



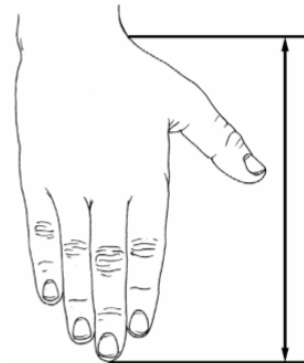
Gambar 4. 2 Data lebar telapak tangan
Sumber : Calire C. et al, 1988

Hand Circumference					
FEMALE N = 2208			MALE N = 1774		
Centimeters		Inches	Centimeters		Inches
18.62	Mean	7.33	21.38	Mean	8.42
.85	Std Dev	.33	.97	Std Dev	.38
23.00	Maximum	9.06	24.70	Maximum	9.72
15.80	Minimum	6.22	18.20	Minimum	7.17
Percentiles			Percentiles		
16.73	1 st	6.59	19.16	1 st	7.54
16.93	2 nd	6.67	19.45	2 nd	7.66
17.07	3 rd	6.72	19.62	3 rd	7.72
17.25	5 th	6.79	19.85	5 th	7.81
17.55	10 th	6.91	20.18	10 th	7.94
17.75	15 th	6.99	20.40	15 th	8.03
17.91	20 th	7.05	20.57	20 th	8.10
18.04	25 th	7.10	20.72	25 th	8.16
18.17	30 th	7.15	20.86	30 th	8.21
18.28	35 th	7.20	20.98	35 th	8.26
18.39	40 th	7.24	21.11	40 th	8.31
18.50	45 th	7.28	21.22	45 th	8.36
18.60	50 th	7.32	21.34	50 th	8.40
18.70	55 th	7.36	21.46	55 th	8.45
18.81	60 th	7.41	21.59	60 th	8.50
18.92	65 th	7.45	21.72	65 th	8.55
19.04	70 th	7.49	21.86	70 th	8.61
19.16	75 th	7.54	22.01	75 th	8.67
19.30	80 th	7.60	22.18	80 th	8.73
19.47	85 th	7.67	22.38	85 th	8.81
19.69	90 th	7.75	22.64	90 th	8.92
20.03	95 th	7.88	23.03	95 th	9.07
20.25	97 th	7.97	23.28	97 th	9.17
20.43	98 th	8.04	23.46	98 th	9.24
20.72	99 th	8.16	23.74	99 th	9.35



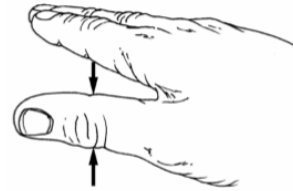
Gambar 4. 3 Data lingkaran telapak tangan
Sumber : Claire C. et. al, 1988

Hand Length					
FEMALE N = 2208			MALE N = 1774		
Centimeters		Inches	Centimeters		Inches
18.05	Mean	7.10	19.38	Mean	7.63
.97	Std Dev	.38	.98	Std Dev	.39
21.50	Maximum	8.46	23.30	Maximum	9.17
14.90	Minimum	5.87	16.00	Minimum	6.30
Percentiles			Percentiles		
15.89	1 st	6.26	17.28	1 st	6.80
16.13	2 nd	6.35	17.52	2 nd	6.90
16.29	3 rd	6.41	17.67	3 rd	6.96
16.50	5 th	6.50	17.87	5 th	7.04
16.83	10 th	6.63	18.18	10 th	7.16
17.06	15 th	6.72	18.39	15 th	7.24
17.24	20 th	6.79	18.56	20 th	7.31
17.39	25 th	6.85	18.71	25 th	7.37
17.53	30 th	6.90	18.85	30 th	7.42
17.66	35 th	6.95	18.97	35 th	7.47
17.78	40 th	7.00	19.09	40 th	7.52
17.90	45 th	7.05	19.21	45 th	7.56
18.02	50 th	7.09	19.33	50 th	7.61
18.14	55 th	7.14	19.45	55 th	7.66
18.26	60 th	7.19	19.57	60 th	7.70
18.39	65 th	7.24	19.70	65 th	7.75
18.52	70 th	7.29	19.84	70 th	7.81
18.67	75 th	7.35	19.99	75 th	7.87
18.84	80 th	7.42	20.16	80 th	7.94
19.04	85 th	7.49	20.37	85 th	8.02
19.29	90 th	7.60	20.64	90 th	8.13
19.69	95 th	7.75	21.06	95 th	8.29
19.96	97 th	7.86	21.34	97 th	8.40
20.16	98 th	7.94	21.55	98 th	8.49
20.50	99 th	8.07	21.90	99 th	8.62



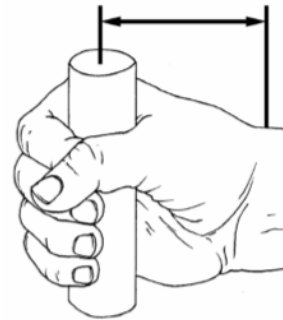
Gambar 4. 4 Data panjang telapak tangan
Sumber : Claire C. et. al, 1988

FEMALE N = 2208			MALE N = 1774		
Centimeters		Inches	Centimeters		Inches
20.7	Mean	.81	2.41	Mean	0.95
.13	Std Dev	.05	0.14	Std Dev	0.05
2.50	Maximum	.98	2.90	Maximum	1.14
1.70	Minimum	.67	1.90	Minimum	0.75
Percentiles			Percentiles		
1.78	1 st	.70	2.09	1 st	.82
1.81	2 nd	.71	2.13	2 nd	.84
1.84	3 rd	.71	2.16	3 rd	.85
1.86	5 th	.73	2.19	5 th	.86
1.91	10 th	.75	2.24	10 th	.88
1.93	15 th	.76	2.27	15 th	.90
1.96	20 th	.77	2.30	20 th	.91
1.97	25 th	.78	2.32	25 th	.91
1.99	30 th	.78	2.34	30 th	.92
2.01	35 th	.79	2.36	35 th	.93
2.03	40 th	.80	2.38	40 th	.94
2.04	45 th	.80	2.39	45 th	.94
2.06	50 th	.81	2.41	50 th	.95
2.08	55 th	.82	2.43	55 th	.96
2.09	60 th	.82	2.45	60 th	.96
2.11	65 th	.83	2.46	65 th	.97
2.13	70 th	.84	2.48	70 th	.98
2.15	75 th	.85	2.51	75 th	.99
2.18	80 th	.86	2.53	80 th	1.00
2.20	85 th	.87	2.56	85 th	1.01
2.24	90 th	.88	2.60	90 th	1.02
2.29	95 th	.90	2.65	95 th	1.04
2.31	97 th	.91	2.68	97 th	1.06
2.33	98 th	.92	2.71	98 th	1.07
2.35	99 th	.93	2.74	99 th	1.08



Gambar 4. 5 Data lebar ibu jari
Sumber : Claire C. et. al. 1988

FEMALE N = 2208			MALE N = 1774		
Centimeters		Inches	Centimeters		Inches
6.63	Mean	2.61	6.97	Mean	2.75
.49	Std Dev	.19	.49	Std Dev	.19
8.30	Maximum	3.27	8.70	Maximum	3.43
5.20	Minimum	2.05	5.70	Minimum	2.24
Percentiles			Percentiles		
5.57	1 st	2.19	5.99	1 st	2.36
5.69	2 nd	2.24	6.08	2 nd	2.40
5.77	3 rd	2.27	6.15	3 rd	2.42
5.87	5 th	2.31	6.23	5 th	2.45
6.02	10 th	2.37	6.37	10 th	2.51
6.12	15 th	2.41	6.47	15 th	2.55
6.21	20 th	2.44	6.55	20 th	2.58
6.28	25 th	2.47	6.62	25 th	2.61
6.35	30 th	2.50	6.69	30 th	2.63
6.41	35 th	2.52	6.75	35 th	2.66
6.47	40 th	2.55	6.82	40 th	2.68
6.54	45 th	2.57	6.88	45 th	2.71
6.60	50 th	2.60	6.94	50 th	2.73
6.66	55 th	2.62	7.01	55 th	2.76
6.73	60 th	2.65	7.07	60 th	2.78
6.80	65 th	2.68	7.14	65 th	2.81
6.87	70 th	2.70	7.22	70 th	2.84
6.95	75 th	2.74	7.30	75 th	2.87
7.04	80 th	2.77	7.39	80 th	2.91
7.15	85 th	2.81	7.50	85 th	2.95
7.29	90 th	2.87	7.63	90 th	3.00
7.49	95 th	2.95	7.83	95 th	3.08
7.62	97 th	3.00	7.95	97 th	3.13
7.71	98 th	3.04	8.04	98 th	3.16
7.85	99 th	3.09	8.16	99 th	3.21



Gambar 4. 6 Data jarak titik gengam tangan
Sumber : Claire C. et. al,1988

4.1.2 Studi Antropometri Tangan dan Siku Orang Indonesia

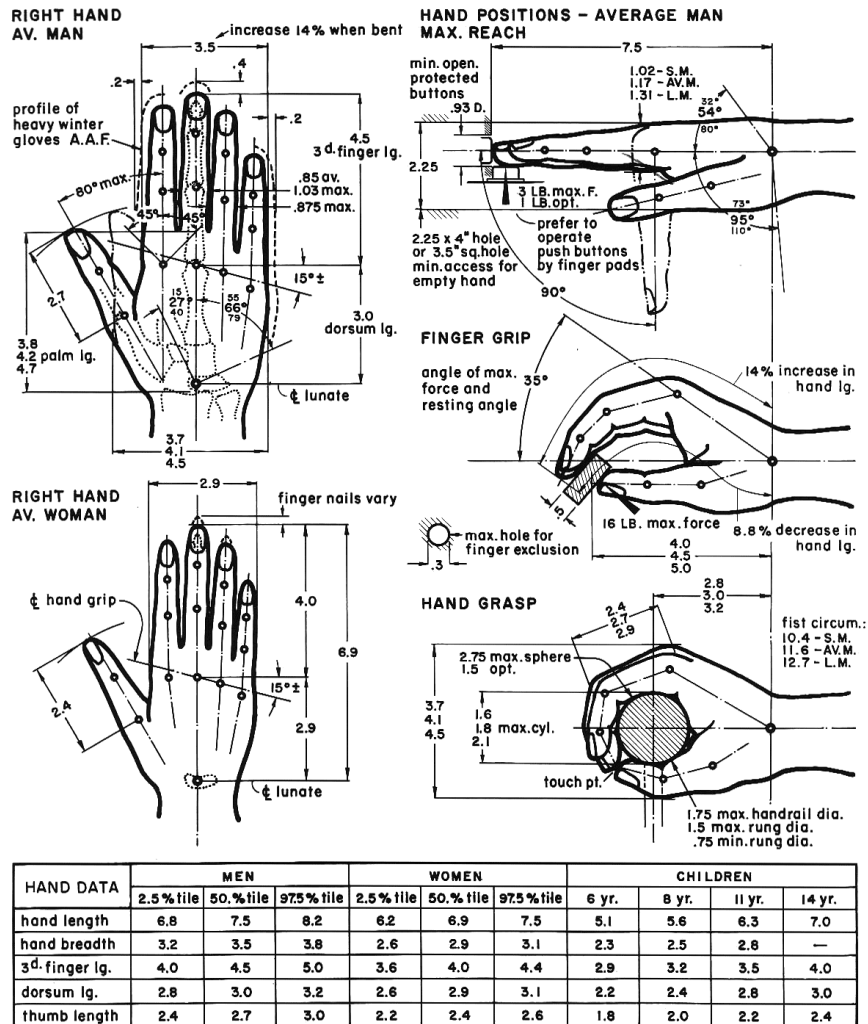
Menurut data antropometri penduduk Indonesia, terdapat 2 data ras yaitu ras pribumi (*citizens*) dan ras cina (*chinese*). Dari data tersebut di peroleh data panjang tangan, lebar tangan dan panjang bentang siku.

Tabel 4. 1 Data Antropometri
Sumber : Chuan et al,2010

Dimension	Male citizens				Male Chinese				Female citizens				Female Chinese			
	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD
1. Stature	162	172	183	6.23	165	171	180	4.81	150	159	169	5.76	151	159	166	5.06
2. Eye height	151	160	172	6.3	153	160	169	5.08	139	148	158	6.12	137	146	158	6.73
3. Shoulder height	134	143	155	6.41	134	143	151	5.05	123	132	141	5.91	123	132	139	5.43
4. Elbow height	99	107	114	5.12	99	106	112	4.29	91	99	108	6.4	92	98	107	5.35
5. Hip height	83	95	105	6.76	81	94	103	6.48	78	88	97	5.91	79	90	96	5.68
6. Knuckle height	68	75	82	4.75	69	74	80	5.13	63	70	78	4.37	64	69	77	3.89
7. Fingertip height	58	64	71	4.82	59	64	70	5.13	54	60	65	3.67	53	60	68	3.99
8. Sitting height	80	89	96	5.24	85	90	96	6.55	78	83	90	4.7	79	84	88	2.97
9. Sitting eye height	69	76	84	4.58	72	78	85	6.54	67	73	80	5.83	68	72	79	3.64
10. Sitting shoulder height	52	59	67	6.27	55	61	72	7.15	51	56	63	4.94	52	57	64	3.67
11. Sitting elbow height	19	24	30	4.74	19	25	31	7.13	19	25	32	5.19	21	24	30	3.24
12. Thigh thickness	12	16	22	3.59	13	16	20	2.76	11	15	19	3.22	12	15	19	2.81
13. Buttock-knee length	48	56	64	4.89	49	57	64	4.83	45	53	60	4.81	48	53	60	4.06
14. Buttock-popliteal length	40	46	54	4.82	38	47	56	5.36	37	43	51	4.21	39	44	52	3.97
15. Knee height	46	54	62	5.21	44	53	61	5.65	43	50	60	5.27	42	49	60	5.38
16. Popliteal height	38	44	49	3.78	36	44	50	5.36	38	44	50	3.92	36	43	47	3.85
17. Shoulder breadth (bideitoid)	36	45	52	4.66	38	45	50	4.6	37	43	53	5.43	40	44	53	4.97
18. Shoulder breadth (biacromial)	31	37	43	3.61	33	38	44	3.83	33	38	44	3.56	34	38	44	3.18
19. Hip breadth	28	35	43	4.41	30	35	44	4.09	29	35	45	7.22	30	34	42	4.21
20. Chest (bust) depth	16	21	27	3.5	17	22	27	4.02	17	21	28	3.38	19	23	28	3.61
21. Abdominal depth	15	21	29	4.46	15	21	30	5.19	14	18	25	3.44	15	20	26	3.93
22. Shoulder-elbow length	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23. Elbow-fingertip length	42	47	56	4.55	41	46	53	4.27	37	43	50	4.27	37	42	47	3.72
24. Upper limb length	68	76	84	6.39	68	75	85	5.06	62	70	77	4.69	64	68	74	3.92
25. Shoulder-grip length	56	65	73	6.29	59	66	74	5.13	54	60	68	4.3	54	60	68	4.64
26. Head length	17	20	24	2.21	17	20	24	2.58	15	18	22	3.95	15	19	22	2.13
27. Head breadth	15	18	22	2.06	15	18	21	1.89	14	17	21	2.48	14	18	21	2.11
28. Hand length	17	19	22	1.64	15	19	22	2.42	16	18	20	1.72	17	18	20	2.16
29. Hand breadth	7	9	11	1.09	8	9	11	0.89	6	8	10	4.85	6	8	9	0.73
30. Foot length	22	25	29	2.58	11	25	28	4.43	21	23	26	2.63	21	23	26	2.3
31. Foot breadth	8	10	12	3.96	8	10	12	1.16	7	9	11	2.2	7	9	10	1.08
32. Span	158	172	186	8.5	155	171	182	8.73	146	156	170	7.61	150	159	168	6.52
33. Elbow span	78	86	96	5.97	79	87	94	4.36	73	79	89	5.38	73	81	88	4.53
34. Vertical grip reach (standing)	192	206	221	10.54	197	206	222	7.74	174	186	204	9.1	176	189	202	8.07
35. Vertical grip reach (sitting)	112	122	136	7.9	116	123	130	5.18	101	113	124	7.2	106	115	128	10.25
36. Forward grip reach	64	73	81	5.89	66	74	81	4.7	61	67	76	4.39	60	67	74	4.76
37. Body weight (kg)	50	63	89.25	13.19	53.05	63	93.45	13.35	39.80	53	80	11.68	41.90	55	70.40	9.49

Data tersebut diolah untuk menjadi patokan dasar ukuran prosthesis tangan yang akan di buat.

4.1.3 Studi Antropometri Tangan



Gambar 4. 7 Data kemampuan tangan

Sumber : Claire C. et. al, 1988

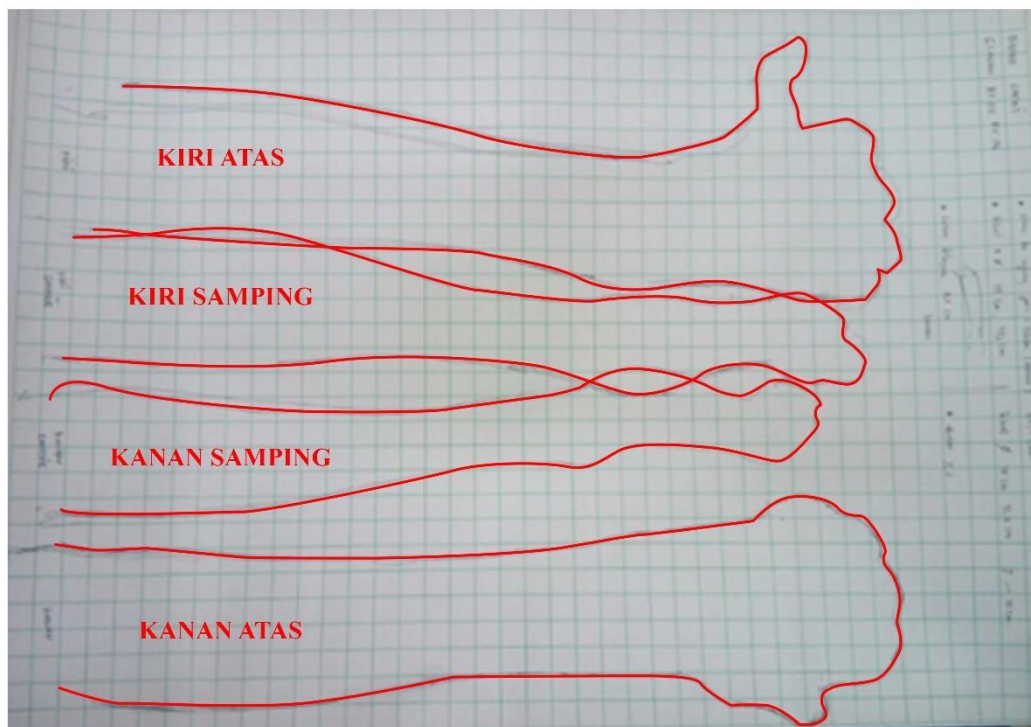
Berdasarkan gambar yang ada diatas dapat menjadi refrensi tentang ukuran kemampuan tangan.

4.1.5 Studi Pengukuran Penyandang Kusta

Pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran dan kontur tangan penyandang kusta.



*Gambar 4. 8 Proses pengukuran tangan
Sumber : Data penulis*



*Gambar 4. 9 Hasil pengukuran tangan
Sumber : Data Penulis*

Pengukuran dengan menggunakan alat ukur dan menjiplak bentuk tangan pada penyandang kusta memiliki kerumitan tersendiri di karenakan kontur tangan yang berbeda di setiap tangan.

4.3 Analisa Tangan Penyandang Kusta

Survey pada pasien RS Kusta SumberGlagah untuk mengetahui bagaimana kondisi tangan penyandang kusta dengan survey ke 5 pasien kusta.

*Tabel 4. 2 Data penyandang kusta
Sumber : Data Penulis*

No	Pasien	Tangan	
		Kiri	Kanan
1.			
2.			
3.			

No	Pasien	Tangan	
		Kiri	Kanan
4.			
5			


Survey diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi setiap tangan penyandang kusta memiliki bentuk yang berbeda-beda sehingga di butuhkan *customize* pada tangan prostetik *3D Print* agar sesuai dengan kondisi tangan pasien dan menggunakan *3D Scanner* untuk memperoleh bentuk tangan pasien dalam digital.

4.3 Studi Material 3D Print

Material yang di gunakan untuk tangan prostesis yaitu :

Tabel 4. 3 Studi material
Sumber : Data penulis

No	Gambar	Nama	Keterangan
1.		Filamen PLA	Material : PLA Diameter : 1,75mm Warna : Sesuai permintaan Berat Bersih : 1 kg Temperatur Print : 190°C - 230 ⁰
2.		Filamen Flexible	Material : Flexible Diameter : 1,75mm Warna : Sesuai permintaan Berat Bersih : 1 kg Temperatur Print : 215°C – 225°C
3.		Sinar pancing PE6 Pioneer	Diameter : 0.38mm Kekuatan : 80LB - 36kg Panjang : 100 Meter

4.		Sekrup	Diameter : 5mm Panjang : 4 cm
----	---	--------	----------------------------------




Tabel 3.3. Data penyangang kusta

4.4 Studi Alat dan Perkakas

Alat dan perkakas yang di gunakan untuk tangan prosthetik adalah

*Tabel 4. 4 Studi alat perkakas
Sumber : Data Penulis*

No	Gambar	Nama	Keterangan
1.		Wanhao Duplicator 4	Mesin cetak 3d
2.		Obeng plus dan min	Untuk <i>adjust</i> tensioner

3.		Tang potong	Alat finishing 3d Model
4.		Kapi cat	Untuk melepas 3d model
5.		Pinset	Alat finishing 3d Model

4.5 Analisa Sistem Mekanik

Analisa yang dilakukan ini bertujuan mendapatkan sistem yang efisien untuk perkembangan desain tangan selanjutnya.

Tabel 4. 5 Data Sistem Mekanik
Sumber : Data Penulis

Variabel Parameter	Prototype eksisting			Keterangan
	Eks - 01	Eks – 02	Eks – 03	
				
Ruas jari	Memiliki 2 ruas jari pada jari depan	Memiliki 2 ruas jari pada jari depan	Memiliki 3 ruas jari pada jari depan	2 ruas membutuhkan sudut yang lebih sedikit untuk menggengam
Sistem tarik balik ruas jari	Karet gelang	Tali elastis	Filamen flexy	Filamen flexy memiliki elastisitas lebih
Sistem joint ruas jari	Pin filamen PLA	Mur & Baut	Filamen flexy	Filamen flexy lebih mudah dalam hal perawatan dan perakitan

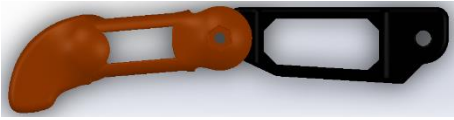
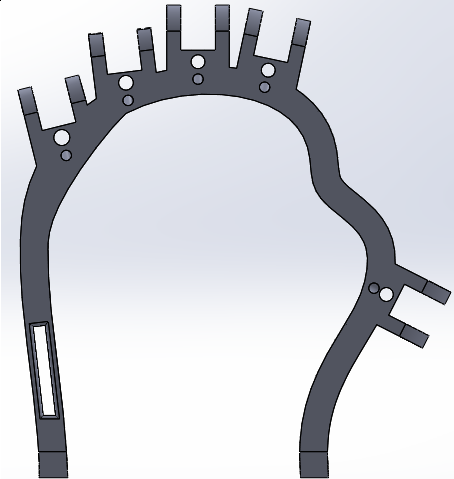
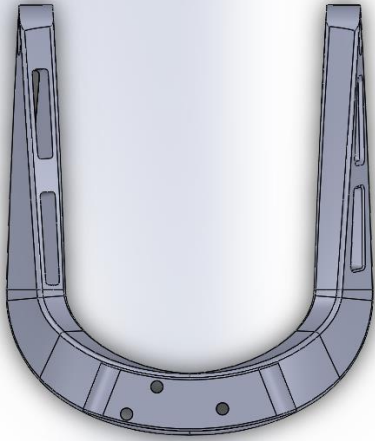
Variable	Prototype Eksisting			Keterangan
	Eks – 01	Eks – 02	Eks – 03	
Joint Pergelangan	Mur & Baut	Filamen flexy	Filamen fLexy	Filamen flexy memiliki elastisitas lebih
Sistem tensioner	3 buah tensioner	5 buah tensioner (model putar)	5 buah tensioner (Model sekrup)	5 buah tensioner mudah mengatur ketegangan senar setiap jarinya
Posisi letak jari	Sejajar	Tidak sejajar	Sejajar	Sejajar akan membuat menggengam lebih baik

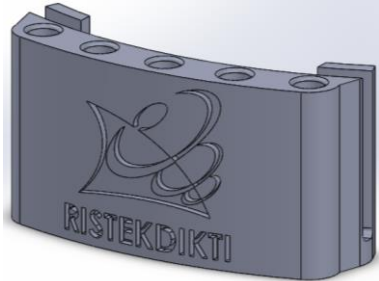
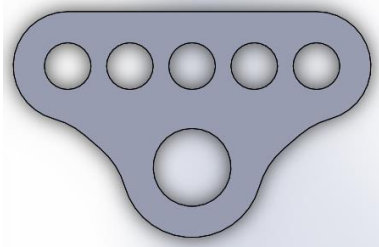
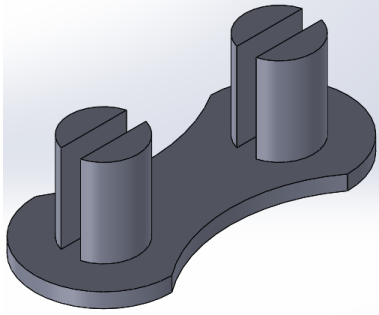
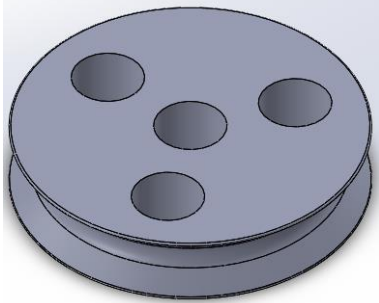
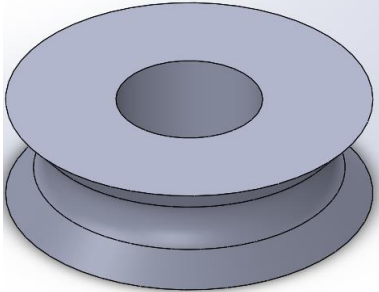
Dari analisa tabel di atas sistem mekanik yang akan di pakai adalah 2 ruas jari, joint filamen, 5 buah tensioner, dan posisi jari sejajar.

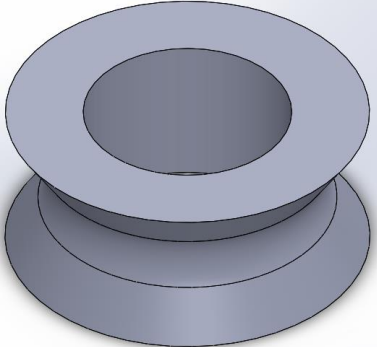



4.6 Studi Part & Komponen

Studi ini menjabarkan tentang penggunaan part & komponen yang di terapkan pada purwarupa 5. Pada purwarupa 5 ini memiliki 2 cara produksi yaitu massal dan personal. Part produksi personal adalah part telapak di karenakan setiap telapak pasien memiliki bentuk yang berbeda maka di perlukan pengukuran dan mendapatkan bentuk t6elapak dengan t6eknik menjiplak sehingga sesuai denagan tangan pasien.

*Tabel 4. 6 Analisa part and komponen
Sumber : Data Penulis*

No	Gambar	Uraian gambarS	Produksi
1		Part jari menggunakan Teknik oneshoot pada 3D Print untuk memangkas jumlah part	Massal
2		Part telapak merupakan part yang perlu perhatian khusus Karena bentuknya agar fit dengan pasien kusta.	Personal
3		Pergelangan memiliki bentuk melintir mengikuti bentuk pergelangan dari atas ke samping bertujuan agar tidak ada permukaan yang tajam.	Massal

No	Gambar	Uraian gambarS	Produksi
4		Tensioner 1 berbentuk jepit berfungsi untuk meletakkan di tali webbing dan menjepit kassa.	Massal
5		Tensioner 2 merupakan pertemuan dari 5 senar menjadi 1 senar agar pas dengan sistem katrol yang membutuhkan 1 senar dan juga bentuk segitiga memberikan fungsi adaptive grip.	Massal
6		Joint pergelangan dengan menggunakan teknik snap fit agar memudahkan assembling.	Massal
7		Gear katrol dengan rasio 1	Massal
8		Gear katrol dengan rasio 1/2	Massal

No	Gambar	Uraian gambarS	Produksi
9		Gear katrol dengan rasio 1/4	Massal
10		Senar PE di pilih Karena karakter yang tidak molor dan dapat menahan beban lebih kurang lebih 30 Kg	Massal
11		Tali elastis berguna untuk mengembalikan jari ke posisi semula setelah jari menggenggam.	Massal
12		Baut dan mur berguna untuk menyatukan jari ke telapak.	Massal
13		Kassa berguna sebagai media untuk zat kollagen.	Massal




No	Gambar	Uraian gambarS	Produksi
14		Collagen ini dapat di gunakan untuk melembabkan kulit pasien kusta dengan jangka waktu kurang lebih 5 Jam.	Massal

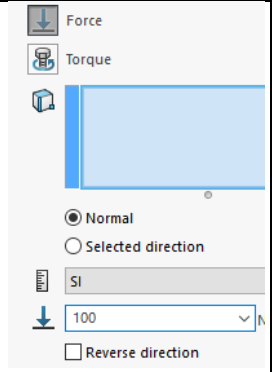
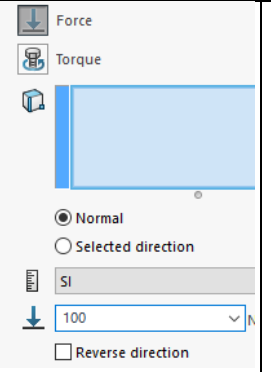
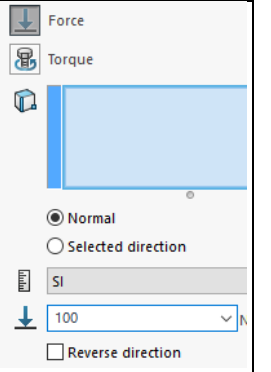
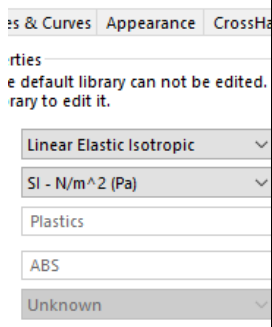
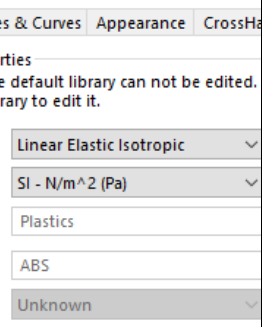
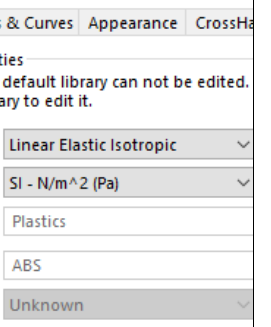
Diatas telah dijabarkan analisa part dan komponen sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dan dari hasil Uji Usability tes dengan pasien dan purwarupa 1-4.

4.7 Analisa Simulasi Digital

Simulasi ini terdiri uji stress (tekan), uji strain (keregangan), uji deformasi (perubahan bentuk) pada purwarupa 1 berguna untuk mendeteksi perubahan bentuk, mendeteksi bagian yang riskan dari purwarupa 1. Jenis bahan yang disimulasikan pada 3D modelnya adalah ABS. Purwarupa di beri gaya hingga mencapai gaya 100 N (10 Kg) merupakan kekuatan tekuk pergelangan tangan. Berikut data hasil uji simulasi digital.

Tabel 4. 7 Simulasi digital purwarupa 1
Sumber : Data Penulis

No	Uraian	Uji		
		Stress	Strain	Deformasi
1	Gambar hasil uji			
2	Hasil uji	<p>A: Static Structural Normal Stress Type: Normal Stress(X Axis) Unit: MPa Global Coordinate System Time: 0.44444 12/18/2016 2:23 PM</p> <p>2188.9 Max 1809.1 1429.3 1049.5 669.74 289.95 -89.835 -469.62 -849.41 -1229.2 Min</p>	<p>A: Static Structural Normal Elastic Strain Type: Normal Elastic Strain(X Axis) Unit: mm/mm Global Coordinate System Time: 0.11111 12/18/2016 2:22 PM</p> <p>0.86668 Max 0.33037 -0.20594 -0.74225 -1.2786 -1.8149 -2.3512 -2.8875 -3.4238 -3.9601 Min</p>	<p>A: Static Structural Total Deformation Type: Total Deformation Unit: mm Time: 0.88889 12/18/2016 2:20 PM</p> <p>215.27 Max 191.35 167.43 143.51 119.59 95.674 71.756 47.837 23.919 0 Min</p>

No	Uraian	Uji		
		Stress	Strain	Deformasi
3	Gaya			
4	Bahan			
5	Keterangan	Hasil pada Uji stress bagian yang rentan adalah bagian jari telunjuk. Dan perubahan bentuk pada daerah merah adalah 2 mm	Hasil pada Uji keregangan bagian yang rentan adalah bagian pergelangan. Dan perubahan bentuk adalah 0,8 mm	Hasil pada Uji deformasi bagian yang rentan terjadi pada seluruh bagian. Dan mengalami perubahan sebesar 2 mm

Maka hasil yang di dapatkan dari uji simulasi digital ini adalah perlu adanya perhatian khusus pada ujung jari agar dapat menerima gaya tekanan saat beroperasi dan juga ada treatment pada join pergelangan karena terdapat longgar 0,8 mm setelah diberi gaya tekan.

4.8 Analisa Uji Genggam dan Uji Tarik

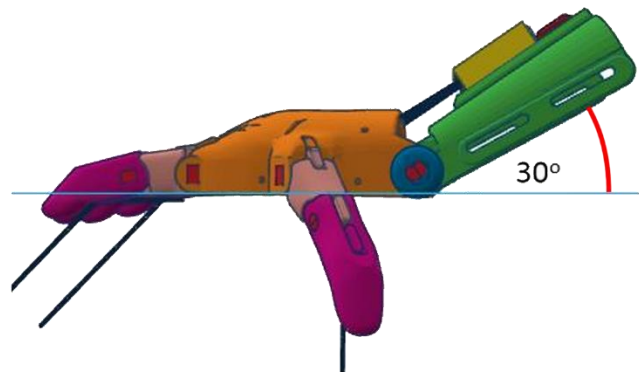
Analisa uji ini bertujuan untuk memperoleh bentuk yang mendekati kekuatan tangan normal manusia.



Gambar 4. 10 Gaya genggam

Sumber : Data Penulis

(Gaya tarik tangan normal = 47 Kg, Gaya cengkram tangan normal = 500 gram)






Gambar 4.21. Sudut Pergelangan

Sumber : Data Penulis

Sudut tensioner Tangan Prosthetic adalah 30° (Diamond,2016 E-nable Community Foundation)

Tabel 4. 8 Data pengujian
Sumber : Data penulis

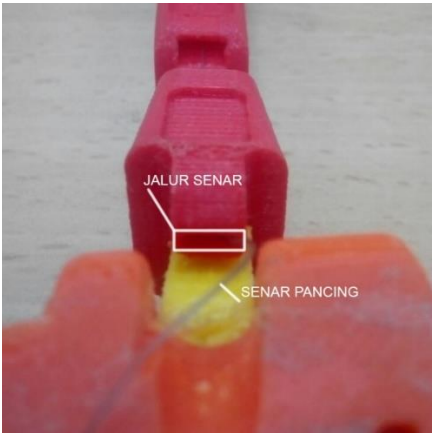

Variabel Parameter	Prototype eksisting			Keterangan
	Eks - 01	Eks – 02	Eks – 03	
				
Uji tarik (Sudut 30°)	13 kg	7 kg	11 kg	
Uji genggam (Sudut 30°)	3,2 kg	2,8 kg	3,8 kg	

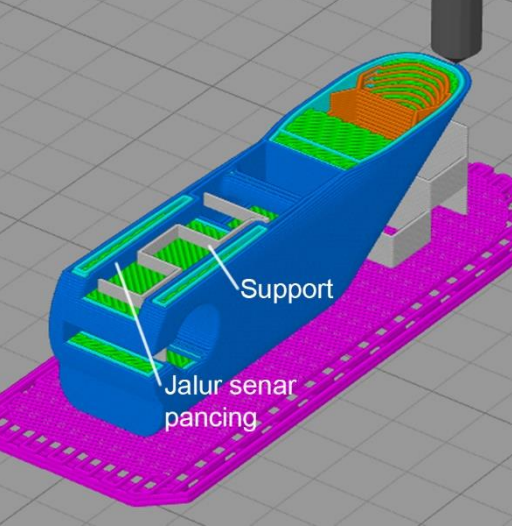
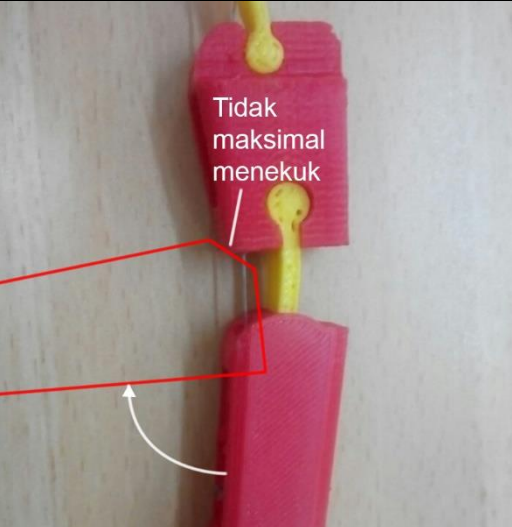
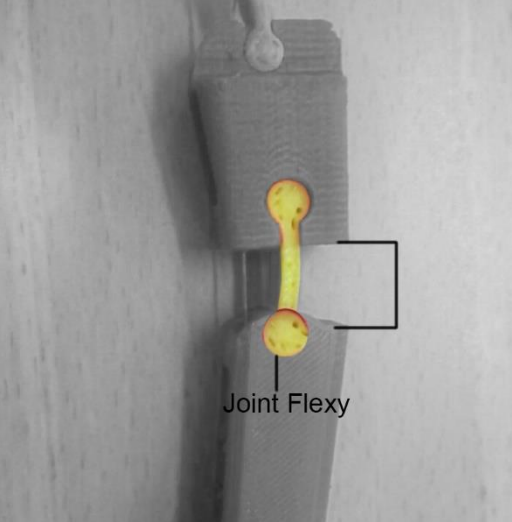
Eksisting yang di gunakan sebagai acuan desain adalah Eks – 01 dan Eks – 03 berdasarkan hasil uji genggam dan uji tarik yang paling besar.

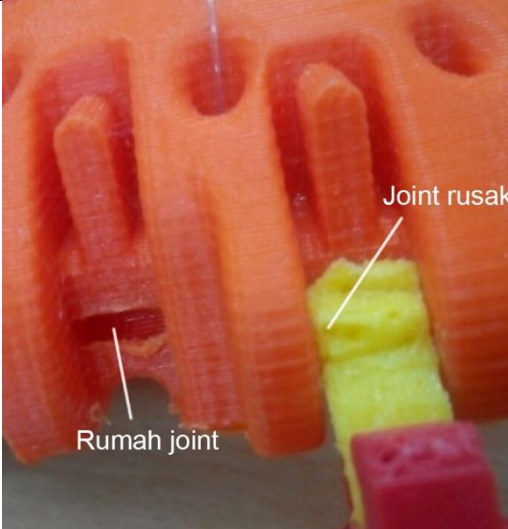
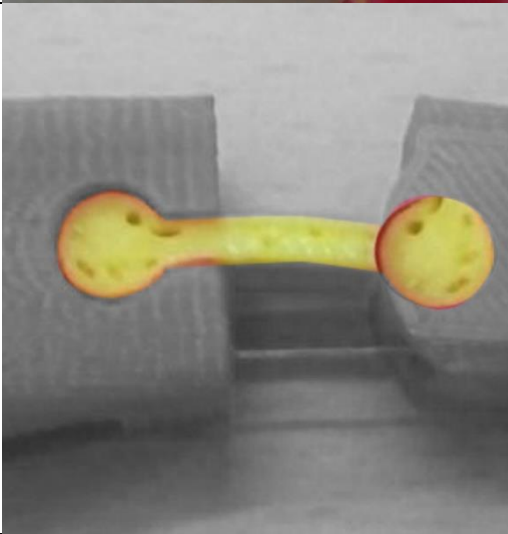
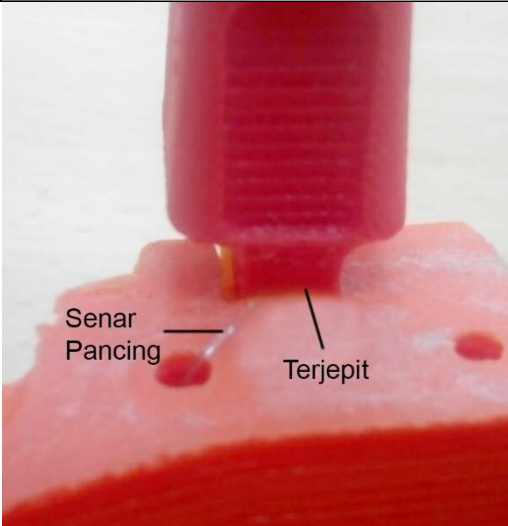
4.9 Analisa Trial and Error

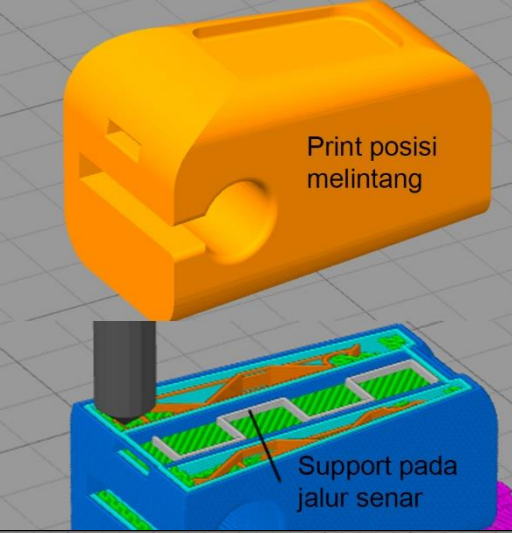
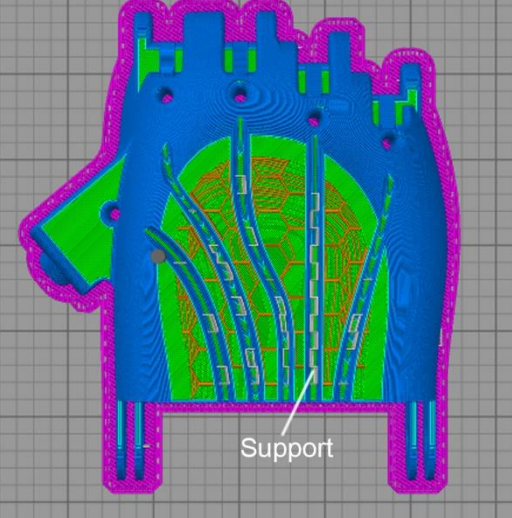

Tabel review prototype huced pro-1 leprosy.


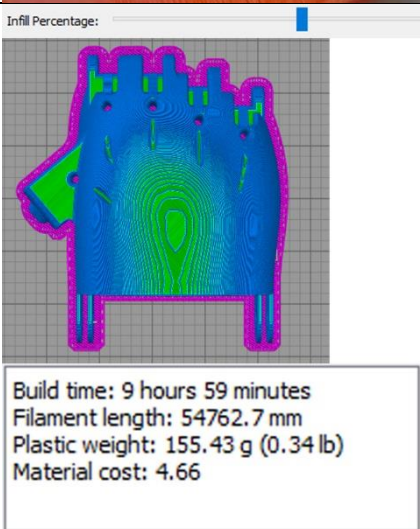

Tabel 4. 9 Analisa trial and error
Sumber : Data Penulis

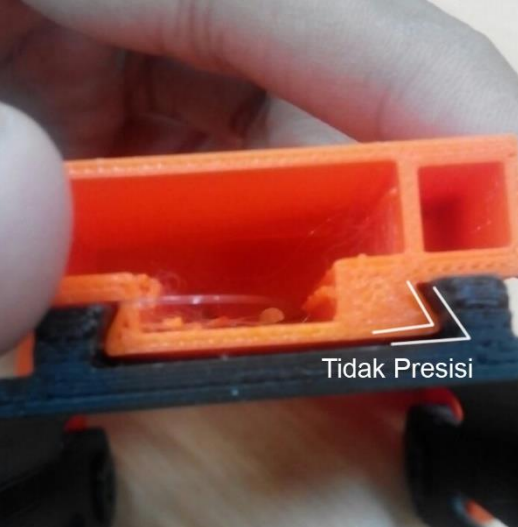
No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
1.		<p>Pada bagian part <i>phalange</i>, Jalur jari senar pancing terlalu sempit membentuk persegi dan sangat sulit dengan membersihkan support yang ada di dalam sehingga waktu <i>assembly</i> tidak maksimal.</p>	<p>Dibutuhkan jalur senar berbentuk lingkaran diameter senar 3mm-4mm dengan posisi <i>print vertical</i>.</p>
2.		<p>Tempat ikat senar susah untuk di ikat dan patah saat ditarik.</p>	<p>Tempat ikat senar terlalu kecil. Silinder untuk senar terlalu rapuh karena tidak ada isiannya (<i>Infill</i>).</p>

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
3.		<p>Part jari di print dengan posisi tidur menjadikan proses print lebih cepat dan kuat karena tatanan <i>filament</i> melintang namun terdapat support pada jalur senar dan mengakibatkan susah untuk di bersihkan.</p>	<p>Posisi jari diprint vertical agar tidak ada support yang terisi di jalur senar.</p>
4.		<p>Saat ditekuk ujung <i>part</i> jari bersentuhan dengan bagian <i>part phalange</i> sehingga tidak menekuk sempurna 90°.</p>	<p>Pada bagian ujung <i>part</i> jari dan <i>part phalange</i> di beri bentuk <i>chamfer</i> dengan sudut 45°.</p>
5.		<p>Pada bagian part <i>joint flexy</i> : Ukuran <i>Joint</i> terlalu panjang, walaupun berguna saat menggenggam namun kurang kokoh saat menggenggam.</p>	<p>Menyesuaikan panjang yang cukup untuk jari saat menekuk dan mencoba membuat tebal <i>joint</i> dari 2mm menjadi 3mm.</p>




No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
6.		<p>Cara pemasangan <i>joint flexy</i> antara <i>phalange</i> dan telapak saat sulit di karenakan terlalu sempit dan alhasil <i>joint flexy</i> menjadi rusak.</p>	<p>Membuat salah satu ujung <i>joint</i> menjadi berongga agar bisa pipih dan mengembang.</p>
7.		<p>Pada saat di <i>print</i>, <i>Flexy</i> membutuhkan waktu cukup lama apabila tidak hasil akan berongga dan mengurangi kekuatan.</p>	<p>Kecepatan <i>printing flexy</i> diturunkan semula 3600 mm/s menjadi 1800 mm/s pada proses <i>slicing</i>.</p>
8.		<p>Pada bagian <i>part phalange</i> : Posisi jalur senar pancing terjepit dengan bagian telapak sehingga senar tidak dapat menggenggam sempurna.</p>	<p>Memposisikan jalur keluar senar ke posisi yang lebih bebas dan tidak terjepit dan sejajar jalur senarnya.</p>

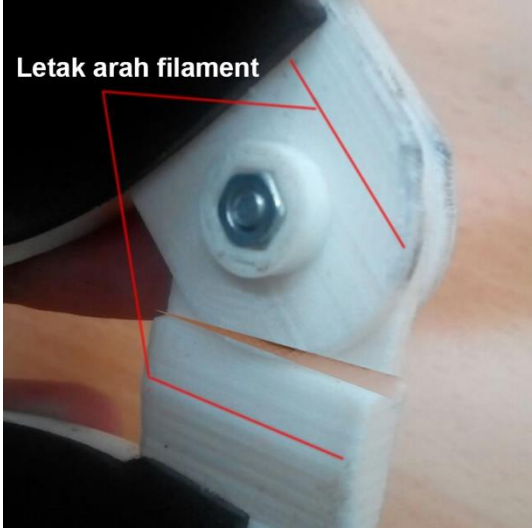
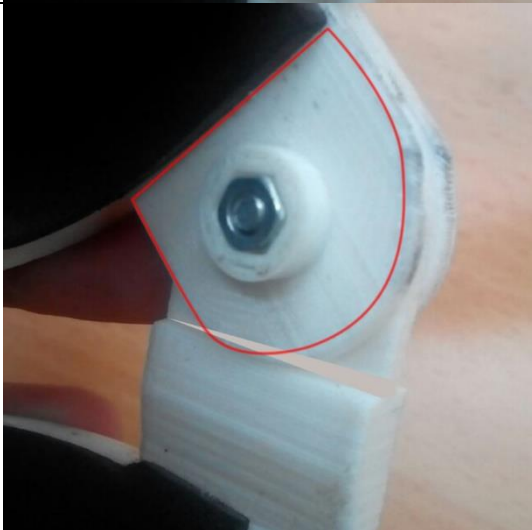
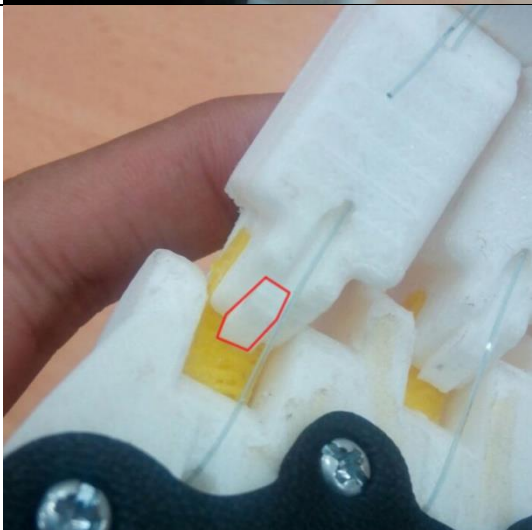
No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
9.		<p>Terdapat support pada jalur senar dengan posisi <i>print</i> melintang.</p>	<p>Posisi print vertical dan <i>infill</i> ditingkatkan menjadi 15 % untuk kekuatan.</p>
10.		<p>Pada bagian telapak sangat sulit untuk membersihkan support pada jalur senar dikarenakan bentuk jalur yang <i>mengcurva</i>.</p>	<p>Membuat jalur senar menjali lurus dan diameter ditambah.</p>
11.		<p>Bagian sambungan pergelangan antara telapak dan tensioner membentuk tonjolan yang mengakibatkan sakit pada pergelangan.</p>	<p>Merekayasa bentuk sambungan telapak dan <i>tensioner</i> menjadi lebih rapi.</p>

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
12		<p>Permukaan bagian dalam telapak terlihat kasar di karenakan support sehingga membuat tidak nyaman di kulit.</p>	<p>Menambahk n maket 2mm sebagai alas.</p>
13		<p><i>Infill</i> telapak terlalu tinggi yaitu 50% mengakibatkan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Telapak terlalu berat. - Waktu pengerjaa n lebih lama. - Konsums i bahan lebih banyak. 	<p>Mengurangi <i>infill</i> telapak menjadi 15% dengan dasar angka standart <i>infill</i> tidak terlalu rapat isiannya namun masih memiliki kekuatan.</p>
14		<p>Pada bagian <i>tensioner</i> : Sambungan pada pergelangan kurang nyaman dikarenakan memiliki tonjolan.</p>	<p>Di buat lebih rapi sambungan.</p>

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
15		<p>Sudut jalur rel kotak <i>grip</i> tidak sama dengan kota <i>grip</i>.</p>	<p>Di beri sudut yang sama dan di beri toleransi 0,2 mm – 0,4 mm</p>




Tabel review prototype huCED pro-2 leprosy



No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
1.		<p>Pada saat menggenggam posisi jari terlihat kurang kuat saat menggenggam pada joint <i>phalange</i> dengan telapak</p>	<p>Dibutuhkan sambungan mur dan baut pada sambungan telapak dan <i>phalange</i>.</p>
2.		<p>Setelah beberapa kali di coba terjadi molor pada senar pancing.</p>	<p>Senar pancing di ganti dengan senar pancing jenis PE.</p>
3		<p>Memasukkan senar dan mengikatkannya sangat sulit karena terlalu sempit pada ujung jari. Jalur senar pada ujung jari terhimpit oleh support dan lelehan filament</p>	<p>Diameter jalur senar di perbesar.</p>

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
4.	 <p>Letak arah filament</p>	Terjadi patah pada sambungan pergelangan	Patah karena salah menentukan letak filament dan infill di tambah
5.		Maket kurang menutupi bagian sambungan pergelangan	Dibutuhkan maket paa area pergelangan
6.		Dibutuhkan stopper pada area <i>phalange</i> .	Dibutuhkan bentukkan stopper.


Tabel review prototype huced pro-3 leprosy

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
1.		Kurang lebar tempat tali <i>webbing</i> .	Dibutuhkan lebar lubang untuk tempat tali <i>webbing</i> dan tali velcrow.
2.		Tempat mur terlalu sempit mengakibatkan susah saat pemasangan dan terdapat support yang tidak bisa di ambil. Salah satu tempat mur rusak akibat di paksa.	Diberikan toleransi 0,3 mm
3		Sulit dan membutuhkan waktu lebih untuk <i>assembly</i> karena : -Memiki banyak part -Diameter lubang tensioner kecil sehingga senar PE (karakter seperti benang namun kuat) tidak dapat masuk. Alhasil senar PE di ikat jadi satu.	Di butuhkan <i>part tensioner</i> dan cara <i>assembly</i> yang lebih simple.




No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
4.		Setelah di <i>Usabilitas test</i> - kan pasien merasa kesulitan memasukkan tangan ke <i>prototype</i> dengan cara di selubungkan.	Dibuat cara pakai yang lebih mudah dengan cara memasang dari arah samping dan di kencangkan dengan velcrow.
4.		Sambungan kurang longgar mengakibatkan pasien kesusahan mengoperasikan. Hal ini akibat pasien kusta setiap tangan memiliki cacat otot pergelangan yang berbeda.	Sambungan di buat longgar mungkin.
5.		Bagian pergelangan tidak fit, hal ini sangat berpengaruh saat mengoperasinya.	Dibuat Lebih Fit menyesuaikan bentuk dengan metode jiplak bentuk tangan pasien.

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
6.		Perbedaan kekuatan pada otot pergelangan mengakibatkan <i>prototype</i> tidak menggenggam maksimal.	Dibutuhkan sistem katrol pada <i>tensionernya</i> atau mengambil kekuatan bagian tangan yang lain
7.		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Prototype</i> terlalu berat bagi pasien - Desain <i>prototype</i> menutupi tangan kurang baik karena pasien kusta memiliki cacat pada kelenjar keringat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dibuat seringan mungkin tanpa mengurangi kekuatannya dan kenyamanan - di butuhkan desain yang memiliki sirkulasi udara.

Tabel review prototype huced pro-4 leprosy

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
1.		<p>Bagian telapak cukup namun bagian telapak tidak fit Dan cukup berat.</p>	<p>Merekayasa bentuk telapak dan pergelangan sesuai dengan tangan pasien.</p>


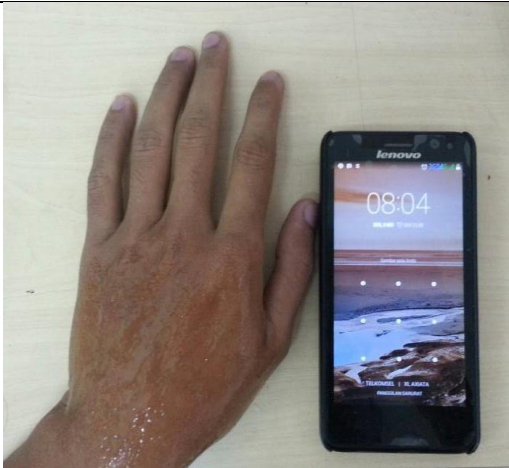
Tabel review prototype huced pro-5 leprosy

No	Gambar	Permasalahan	Penyelesain
1.			Mengurangi berat part jari
2.		<p>-A = Saat menekuk</p> <p>-B = Karena tidak ada stopper jari menekuk ke arah luar.</p> <p>-Diameter <i>joint</i> masih kurang longgar.</p>	<p>-Bentukkan stopper pada <i>part phalange</i>.</p> <p>- Toleransi diameter di tambah.</p>
3			<p>Diameter <i>joint</i> di beri toleransi 0,5 mm masing-masing sisi.</p> <p>Bagian jari dan <i>phalange</i> di print dengan metode <i>oneshot</i> untuk mengurangi penggunaan part mur dan baut.</p>

4.9.1 Analisa Collagen pada kulit

Tahap ini dilakukan memperoleh data untuk cara penggunaan collagen dengan menggunakan collagen langsung pada kulit dan collagen pada perban dan seberapa lama penggunaan collagen terhadap kulit.

Tabel 4. 10 Analisa Collagen pada kulit
Sumber : Data Penulis

No	Gambar	Keterangan
1.		Collagen di oleskan pada perban pada jam 8 dengan kondisi suhu ruangan.
2.		Collagen di oleskan pada kulit pada jam 8 dengan kondisi suhu ruangan.

3		<p>Kondisi collagen pada perban masih sedikit basah walaupun di biarkan selama hampir 5 jam.</p>
4.		<p>Kondisi collagen pada kulit sudah mengering dan terkelupas dengan aktivitas selama 5 jam di dalam ruangan.</p>

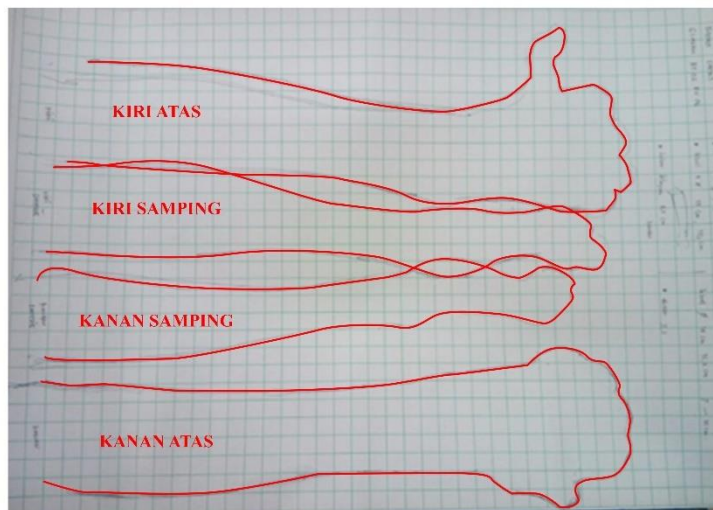
Hasil yang di capai adalah maka collagen yang di oleskan di perban lebih baik dan lebih tahan lama daripada di oleskan di kulit. Collagen yang di oleskan di perban dapat berulang-ulang bersentuhan dengan kulit.

4.9.2 Analisa Reverse Engineering

Tahap ini merupakan upaya untuk memperoleh 3D data tangan dari pasien penyandang kusta. Hal ini di karenakan kontur penyandang kusta beragam. Metode yang di coba adalah :

1. Mal Milimeter tangan pasien

Cara berikut menjiplak 4 bagian sisi tangan penyandang kusta.



*Gambar 4. 11 Gaya genggam
Sumber : Data Penulis*

2. Photogrammetry

Cara berikut menggunakan banyak foto yang mengelilingi tangan pasien.



*Gambar 4. 12 Photogrammetry
Sumber : Data Penulis*

3. 3D Scanning



*Gambar 4. 13 3D Scanning
Sumber : Data Penulis*

Dengan menggunakan alat 3D Scanning memungkinkan mendapatkan 3D tangan pasien lebih cepat dan akurat.

4.10 Analisa Eksplorasi Bentuk (Kepercayaan diri)

Berikut adalah uraian tentang eksplorasi kepercayaan diri terhadap penggunaan purwarupa dengan kondisi mental pasien. Pada eksplorasi ini dibagi menjadi 3 yaitu robot look, cover with pattern, human look dengan berdasarkan moodboard yang dibuat di masing-masing alternatif. Berikut penjabaraannya

4.10.1 Robot look

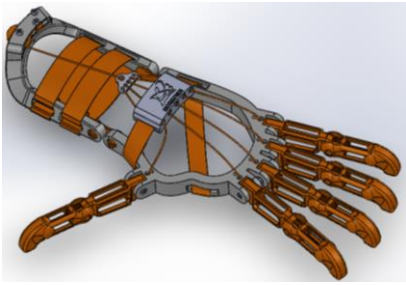
Robot look moodboard menjelaskan bahwa pada desain purwarupa mengambil dari bentuk kerangka tangan robot sehingga nampak jelas mekanisme dari purwarupa.



Gambar 4. 14 Robot look moodboard
Sumber : Data Penulis

Berikut penjabaraan pengaplikasian *robot look* pada purwarupa.

Tabel 4. 11 Uraian robot moodboard
Sumber : Data penulis

No	Alternatif	Uraian
1		Robot look , pada eksplorasi 1 sangat menonjol kesan robotic dan sangat terbuka memudahkan sirkulasi udara. Dengan desain yang seperti disamping diperuntukkan untuk pasien yang memiliki mental kuat dan ingin tampil beda. Pada umumnya pasien yang di tuju usia muda

4.10.2 Cover with pattern

Cover with pattern mengaplikasikan organis pattern pada tangan manusia. Penggunaan pattern tersebut bertujuan menutupi bagian telapak namun memiliki lubang dengan elemen organis pattern untuk sirkulasi udara.



Gambar 4. 15 Cover with pattern moodboard
Sumber : Data penulis

Berikut penjabaraan pengaplikasian *cover with pattern* pada purwarupa.

Tabel 4. 12 Uraian cover with pattern moodboard
Sumber : Data penulis

No	Alternatif	Uraian
1		Cover with pattern , Eksplorasi 2 memungkinkan untuk tampil dengan tampilan layaknya tangan normal namun ada elemen estetika pattern yang berfungsi tidak sebagai ornament namun nilai fungsi tentang sirkulasi udara tetap baik.

4.10.3 Human look

Human look Purwarupa dibungkus dengan bahan yang lentur dan menyerupai tangan normal dan bisa lepas pasang. *Human look* dapat juga meningkatkan kepercayaan diri pada pasien yang menginjak lanjut usia.



Gambar 4. 16 Human look moodboard
Sumber : Data penulis

Berikut penjabaraan pengaplikasian *human look* pada purwarupa.





Tabel 4. 13 Uraian human look moodboard
Sumber : Data Penulis

No	Alternatif	Uraian
1		Human look , Eksplorasi 3 secara keseluruhan akan memenuhi bentuk dan warna layaknya tangan manusia normal. Dengan bahan yang lentur dan ringan tidak membebani pasien untuk mengoperasikannya. <i>Human look</i> menambah kepercayaan diri pasien pada usia lanjut.

Dari kesimpulan tabel di atas bahwa semakin kondisi kepercayaan diri pasien baik dan ingin terlihat beda maka bentuk yang digunakan adalah *robot look* dan begitu juga sebaliknya apabila kondisi kepercayaan pasien tidak baik maka pasien lebih percaya diri untuk menggunakan purwarupa dengan desain *human look*.

4.11Analisa Benchmark

Tabel 4. 14 Data Benchmark
Sumber : Data Penulis

No	Gambar	Nama	Material	Mekanis me gerak	Harga	Kelebih an	Kekura ngan
1.		Prostesis kosmetik	Kayu, Fiber, Rubber silicon	Tidak ada	Rp. 7.500.0 00	Nampak realis	Tidak dapat bergerak
2.		Prostesis mekanik <i>3D Print</i>	Filamen PLA	Mekanis me string	Rp. 430.00 0 – Rp 720.00 0	Dapat bergerak Harga terjangka u	Gerakan hanya bisa saat menarik
3.		Prostesis bionic	Alumuni um, besi, Etc	Motor dan Sensorik	Rp.143 .000.00 0	Gerakan lebih komplek s	Hargany a mahal untuk kalangan menenga h kebawah
4.		Prostesis bionic basis <i>3D print</i>	Filamen PLA, alat elektroni k	Motor dan Sensorik	Kurang lebih Rp 4.000.0 00	Gerakan lebih komplek s	Hargany a mahal untuk kalangan menenga h kebawah

4.12 Analisa Persona

Telah dilakukan *Deep interview* pada bab 3, menurut hasil pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat disimpulkan bahwa karakter pasien Muh. Naimatul adalah :



Nama : Khusaeri

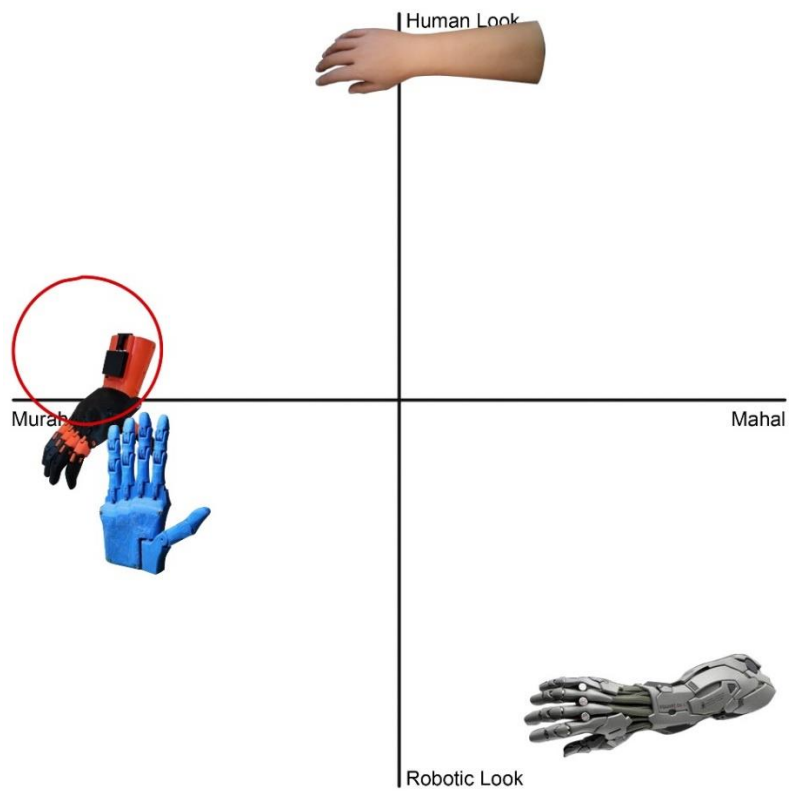
Umur : 60 tahun

Pekerjaan : Petani

Status tangan : Penyandang kusta

Dari analisa persona kita bisa mengkostum bentuk sesuai dengan data di atas agar sesuai dengan tangan pasien.

4.13 Analisa Positioning





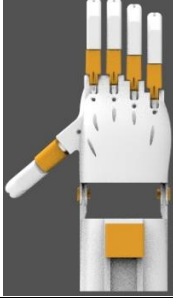

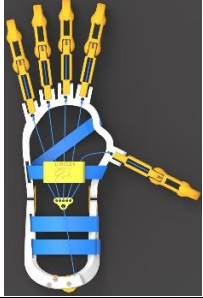
*Gambar 4. 17 Analisa positioning
Sumber : Data Penulis*

Dari gambar diatas posisi produk yang akan di buat adalah murah dan memiliki penampilan visual antara *human look* dan *Robotic look*

4.14 Analisa Komparasi Purwarupa

Pada tabel ini menjelaskan tentang komparasi dari hasil 5 prototipe.

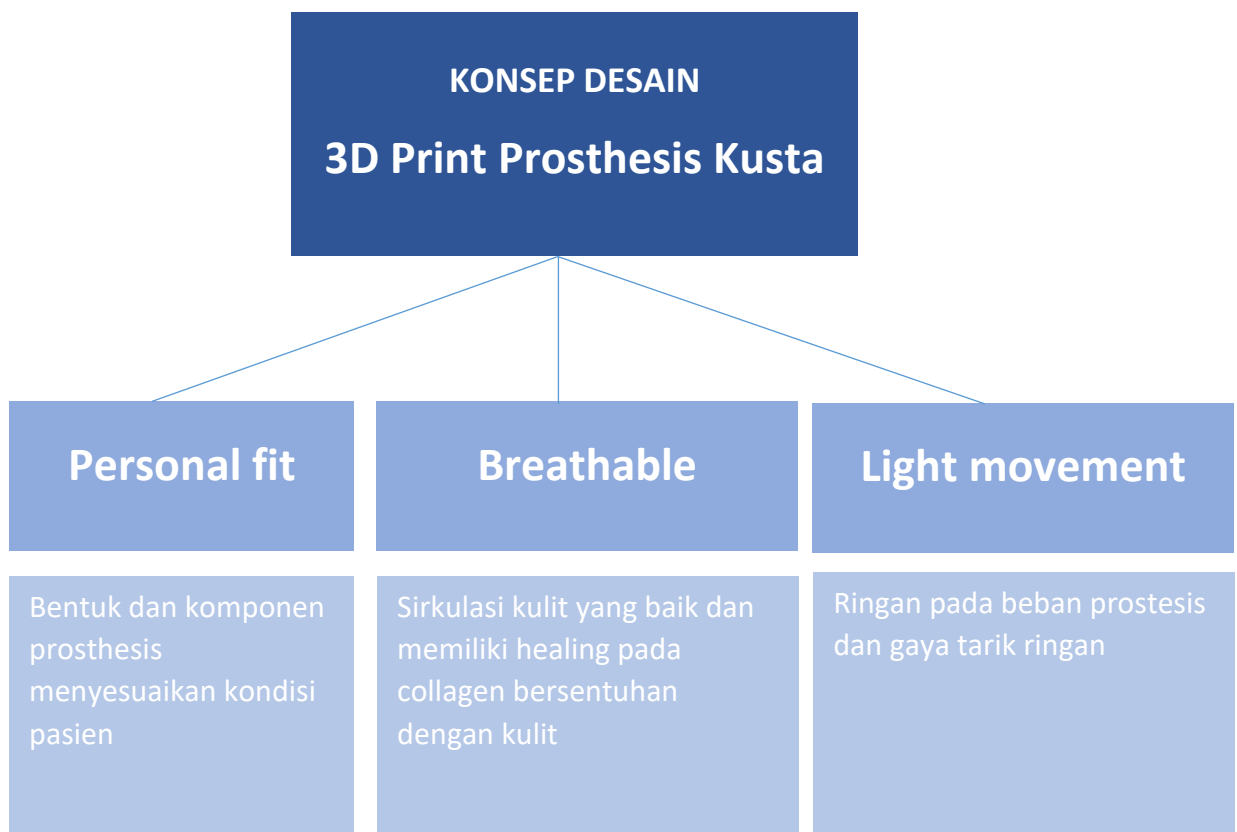
Tabel 4. 15 Komparasi Purwarupa
Sumber : Dokumen Penulis

Parameter	Purwarupa				
					
Deskripsi	Leprosy-01 memiliki keunggulan pada genggamannya baik, merupakan penggabungan dari eksisting 1 (2 ruas jari) dan Eksisting 2 (Joint flexy)	Leprosy-02 memiliki keunggulan kekuatan pada joint jari ke telapak dengan menggunakan baut dan memiliki diameter genggam lebih kecil	Leprosy-03 memiliki keunggulan pada cara perakitan lebih mudah saat memasukkan senar pada telapak, sambungan lebih sederhana.	Leprosy-04 memiliki keunggulan untuk kondisi tangan yang masih ada ibu jari, memiliki senar elastis sebagai sistem tarik ruas jari.	Leprosy-05 memiliki keunggulan adalah berat lebih ringan 50%, memiliki sirkulasi udara, memiliki mekanisme katrol agar lebih ringan untuk menggenggam, dan memiliki zat collagen untuk kulit kusta
Berat	253 g	244 g	221 g	208 g	129 g
Material	PLA, Flexy, Mur baut, webbing	PLA, Flexy, Mur baut, webbing	PLA, Flexy, Mur baut, webbing	PLA, Flexy, Mur baut, webbing	PLA, Flexy, Mur baut, webbing, Collagen
Mekanisme	Senar Pancing, Senar adjustable	Senar Pancing, Adjustment string	Senar Pancing PE, Adjustment string	Senar Pancing PE, Adjustment string	Katrol, Zat Collagen.
Jumlah Part	16	16	18	13	10
Harga Prototype (Rp. 2.500/g)	Rp. 632.500	Rp. 610.000	Rp. 552.000	Rp. 520.000	Rp. 322.500
Waktu Produksi Dengan 3d print	32 jam 59 menit	36 Jam 21 Menit	35 Jam 27 Menit	33 Jam 46 Menit	13 Jam 22 Menit

BAB V

KONSEP DESAIN

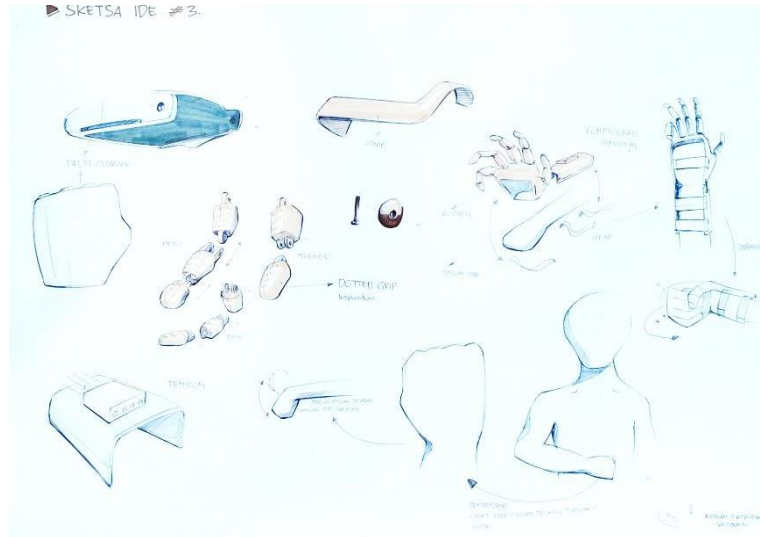
Dari hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan sebuah konsep yang akan digunakan pada perancangan tangan protesis untuk *wrist disarticulation*. \Konsep ini didasarkan oleh permasalahan yang muncul pada bab studi dan analisa. Berikut adalah skema konsep tangan protesis untuk *wrist disarticulation*.



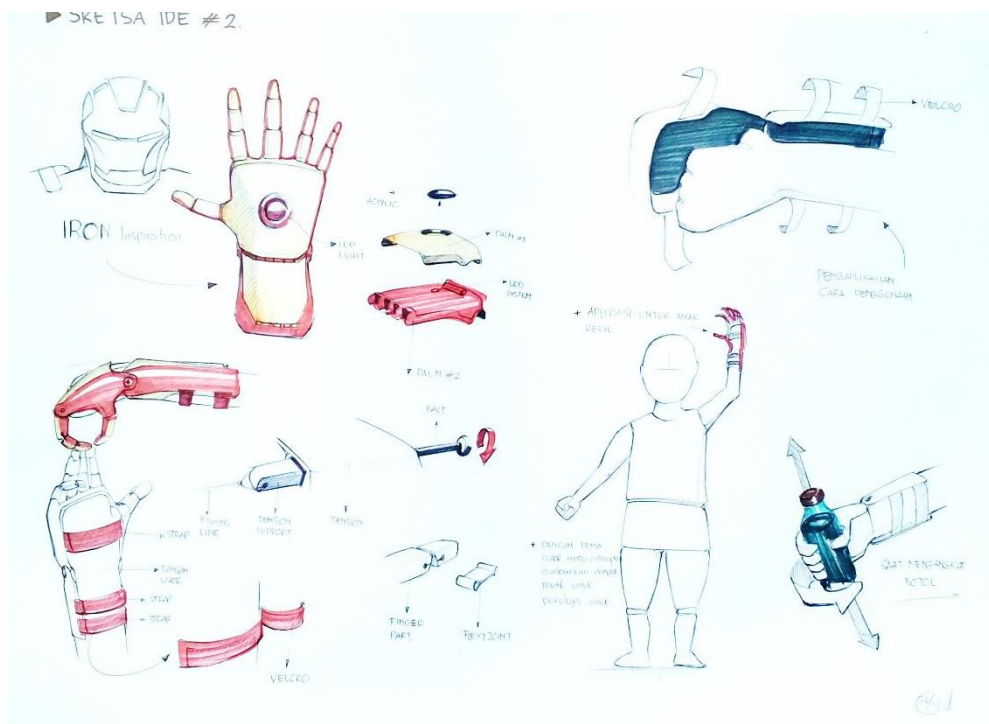
Gambar 5. 1 Skema Konsep

Berdasarkan Judul Konsep desain, 3D print Prostesis tangan adalah sebuah tangan buatan dengan menggunakan mesin 3D printer untuk proses pembuatannya.

1. Alternative untuk prosthesis tangan *partial-hand prosthesis*



Gambar 5. 2 Alternative 1

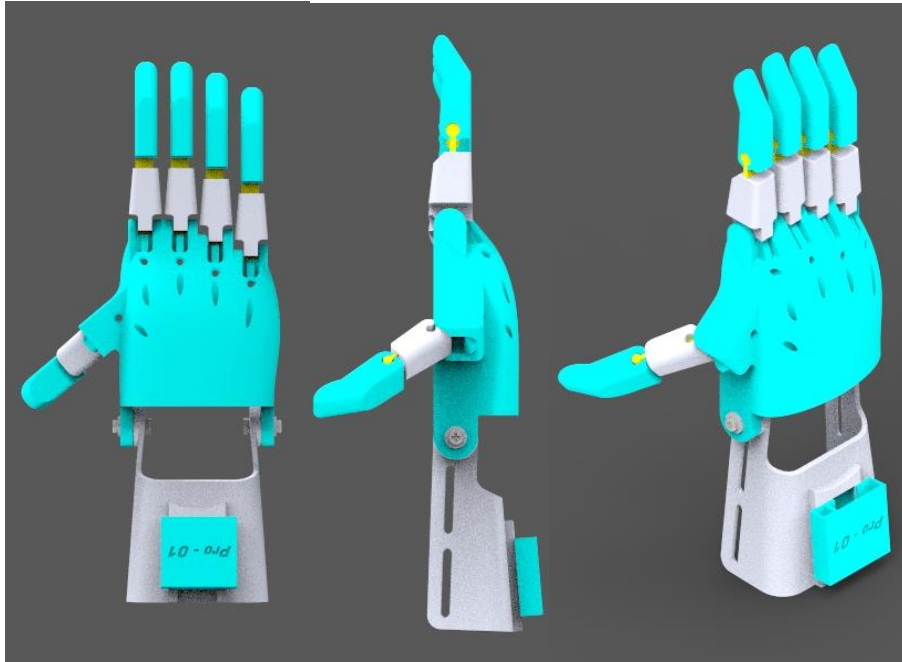


Gambar 5. 3 Alternative 2

5.2 3D Model

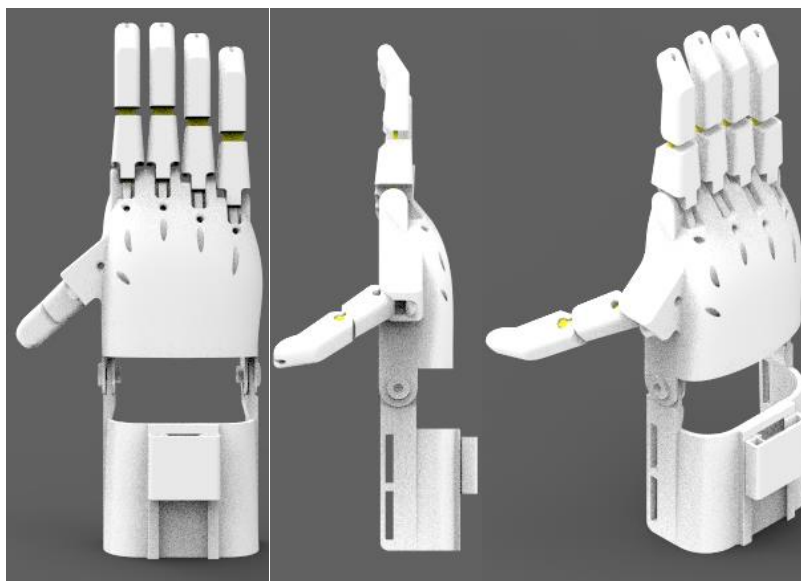
Berikut adalah 3D model untuk proses lanjut dicetak pada 3D printer:

a. Prototype 1



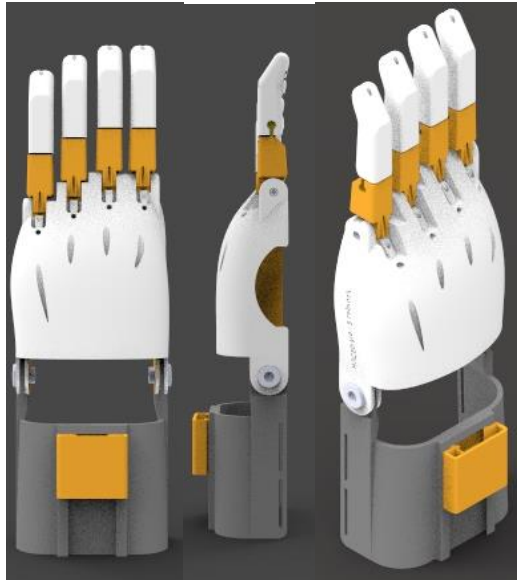
Gambar 5. 6 Prototype 1

b. Prototype 2



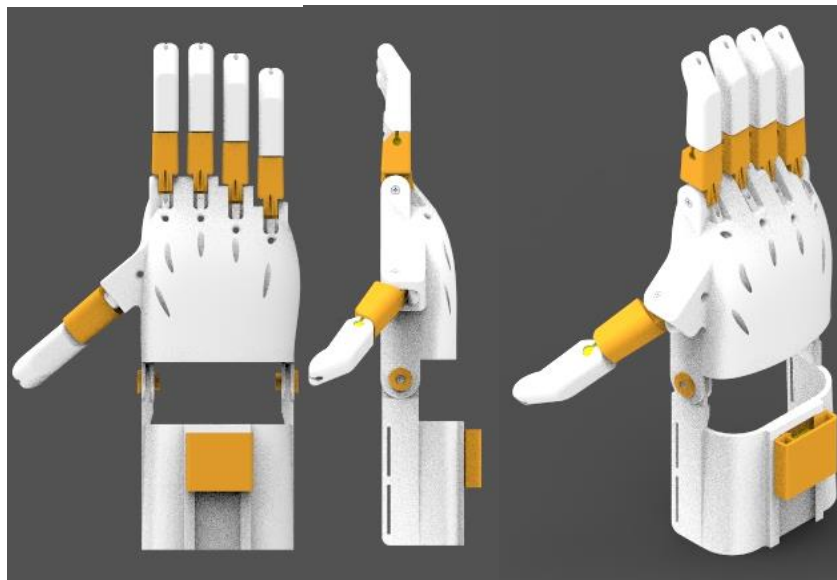
Gambar 5. 7 Prototype 2

c. Prototype 3



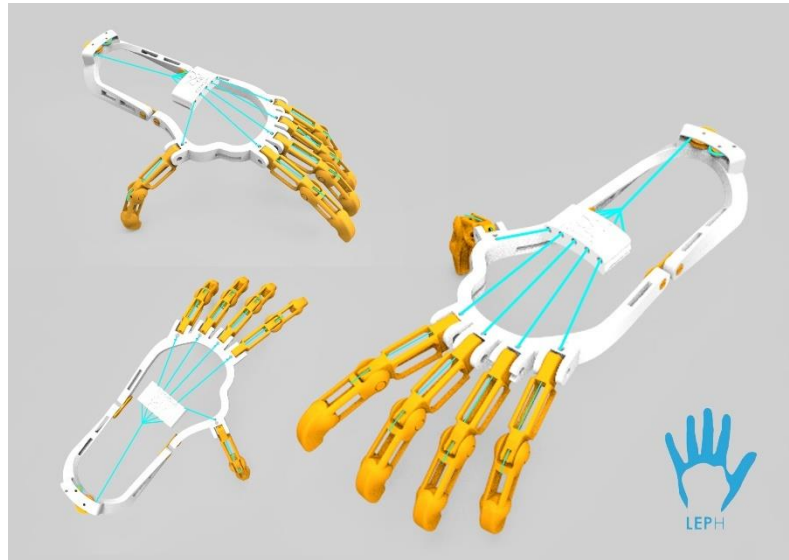
Gambar 5. 8 Prototype 3

d. Prototype 4



Gambar 5. 9 Prototype 4

e. Prototype 5


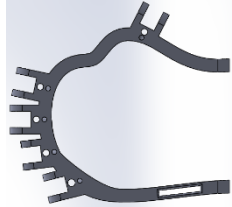
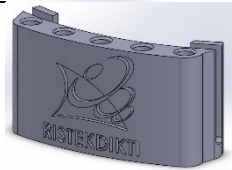
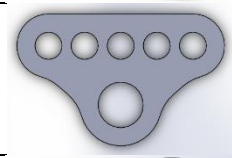
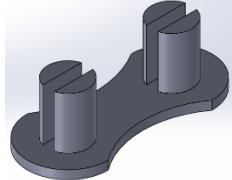
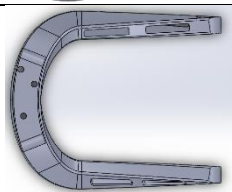
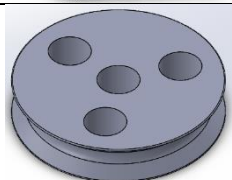
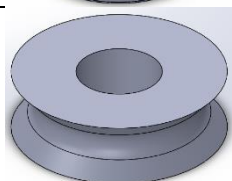


Gambar 5. 10 Prototype 5

5.3 Assembling Purwarupa 5

Berikut adalah tabel kode part dari purwarupa 5 sebagai acuan assembling.

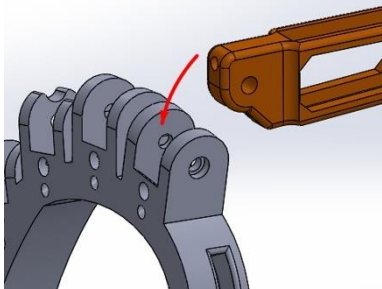
*Tabel 5. 1 Kode part assembling
Sumber : Data Penulis*

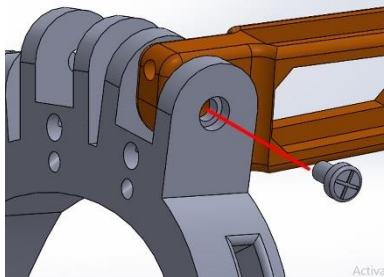
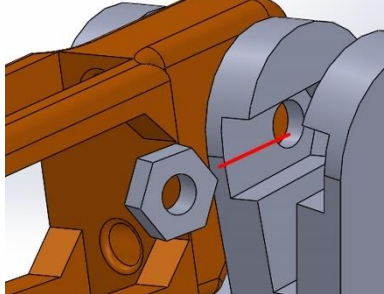
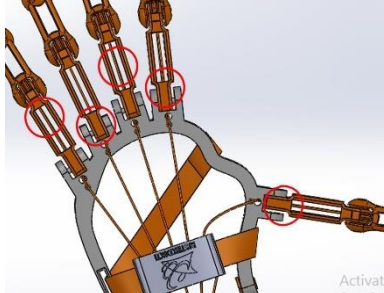
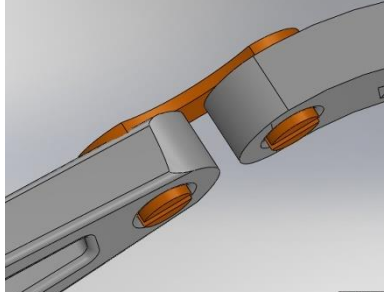
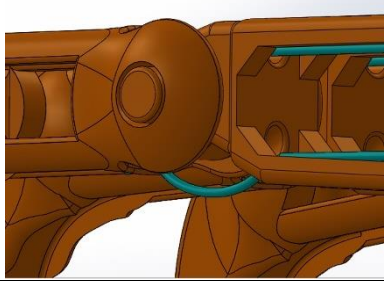
No	Gambar	Nama	Kode	Jumlah
1		Jari jemari	1	5
2		Telapak	2	1
3		Tensioner 1	3	1
4		Tensioner 2	4	1
5		Joint pergelangan	5	1
6		Pergelangan	6	1
7		Katrol 1	7	1
8		Katrol 2	8	1

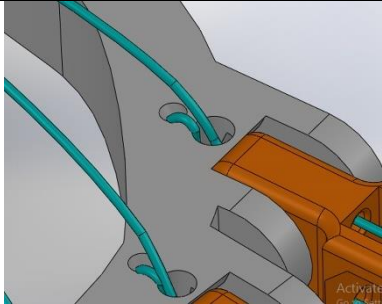
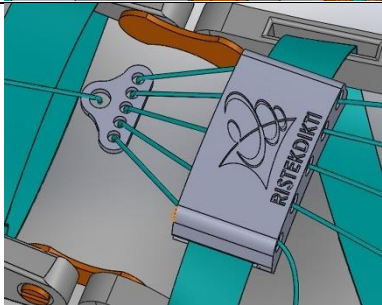
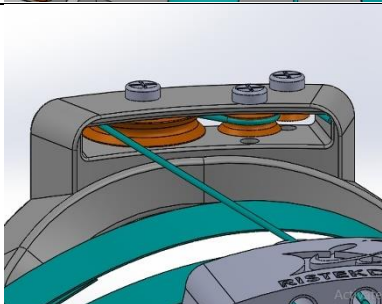
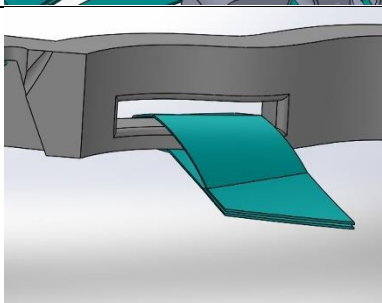
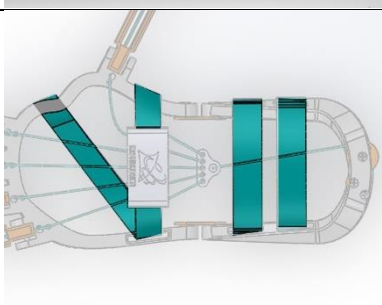
No	Gambar	Nama	Kode	Jumlah
9		Katrol 3	9	1
10		Senar PE	S.PE	@ 2m x 5 pcs
11		^Tali Elastis	T.E	@ 2m x 5 pcs
12		Mur baut	BM	@ 2 cm x 8 pcs
13		Webbing	WB	@ 20 cm x 3 cm

Berikut adalah tabel cara asembli purwarupa 5 dengan bahan *part* utama dari filamen ABS, tali webbing, senar pancing PE, Mur dan baut, kassa dan zat collagen.

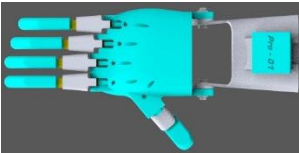
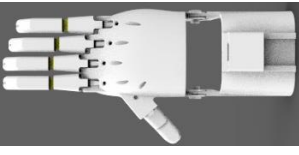
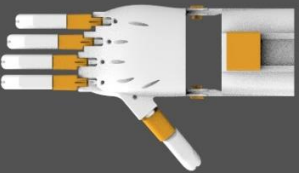

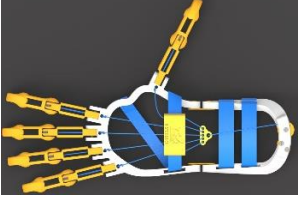
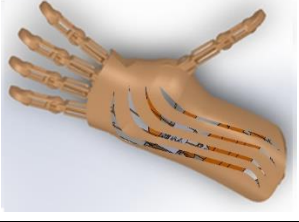
*Tabel 5. 2 Cara assembling purwarupa
Sumber : Data penulis*

No	Gambar	Uraian
1		Pertama menggabungkan part jari dengan telapak ke lubang yang sudah ada.

No	Gambar	Uraian
2		<p>Setelah terpasang part jari dan telapak, masukkan baut.</p>
3		<p>Disisi lainnya masukkan mur untuk mengunci jari dan telapak.</p>
4		<p>Ulangi langkah di atas hingga kelima jari terpasang semua.</p>
5		<p>Beralih ke pergelangan sambungkan bagian telapak dan pergelangan dengan part joint pergelangan pada kedua sisi kanan dan kiri.</p>
6		<p>Setelah itu mulai untuk memasang senar PE dan tali elastis dari ujung jari hingga ke belakang.</p>

No	Gambar	Uraian
7		<p>Tali elastis cukup di ikatkan pada bagian lubang yang tersedia sementara senar PE di arahkan ke belakang</p>
8		<p>Dari kelima senar PE yang masuk lewat tensioner 1 kemudian di ikatkan satu-satu ke tensioner 2 sehingga menjadi satu senar PE.</p>
9		<p>Senar PE kemudian melewati ketiga katrol yang berada di paling belakang purwarupa kemudian di ikatkan ke lubang yang tersedia.</p>
10		<p>Masukkan tali webbing ke lubang yang ada di part telapak dan pergelangan dan di jahit.</p>
11		<p>Tali webbing di ikat pada pergelangan dan telapak seperti gambar disamping.</p>

5.4 Pengelompokkan Purwarupa Berdasarkan Fungsi

Purwarupa						
Rana	Varian					Fashion
	Purwarupa 1	Purwarupa 2	Purwarupa 3	Purwarupa 4	Purwarupa 5	Purwarupa 6
						
	Leprosy-01 Produk yang memiliki khas pada joint flexy	Leprosy-02 memiliki khas pada joint flexy dan pergelangan yang lebih baik dair yang pertama	Leprosy-03 memiliki bagian joint jari dengan tgelapak yang lebih kuat karena adanya baut dan mur	Leprosy-04 memiliki khas mengikuti kondisi tangan pasien yang masih memiliki ibu jari	Leprosy-05 memiliki keunggulan adalah berat lebih ringan 50%, memiliki sirkulasi udara, memiliki mekanisme katrol agar lebih ringan untuk menggenggam, dan memiliki zat collagen untuk kulit kusta	Leprosy-06 memiliki khas sama seperti purwarupa 5 Dengan di tambahkan elemen estetik pattern dan <i>human look</i> yang tidak hanya meningkatkan percaya diri namun sirkulasi tetap baik.
	Gambar					Deskripsi

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah pada riset "Rancang Bangun Prosthesis Bagian Telapak Tangan Untuk Rehabilitasi Penderita Kusta Dengan Konsep Personal Fit, Breathable , Dan Light Movement. Berikut penjelasan tentang kesimpulan.

1. Kecacatan yang dialami oleh pasien yaitu cacat sensorik, cacat motorik dan cacat otonom dapat di akomodir dengan penggunaan bahan yang halus, menghindari sudut-sudut tajam, menggunakan zat pelembap/collagen untuk kecacatan sensorik (saraf tepi). Untuk mengakomodir cacat otonom (kelenjar keringat) desain yang tidak menutup telapak tangan sehingga sirkulasi udara menjadi baik dan lancar. Menggunakan sistem katrol untuk menghasilkan tenaga besar namun kekuatan minim dan berat yang ringan agar golongan kecacatan paling lemah dapat menggunakannya hal ini mengakomodir cacat otot.
2. Harga jual adalah berkisar Rp 1.700.000/unit dari harga produksi purwarupa 5 adalah Rp. 322.500 dikalikan 5. Dengan harga prosthesis dapat ditanggung oleh BPJS.
3. Perbedaan golongan kecacatan saraf tangan yang menimbulkan perbedaan kekuatan. Sehingga konsep yang dipakai pada prosthesis yang dapat membantu pasien pada tahap rehabilitasi, yaitu :

Personal Fit : Memperoleh bentuk pergelangan yang sesuai dengan kondisi pasien kusta.

Breathable : Bentuk yang terbuka mengakibatkan sirkulasi di sekitar tangan menjadi leluasa.

Light Movement : Dengan mengurangi beban prosthesis dan menggunakan sistem katrol diharapkan dapat berfungsi dengan ringan.

Saran

Berdasarkan uji usability dalam penelitian prosthesis ini menekankan pada purwarupa dan proses rehabilitasi, maka di perlukan pengembangan lanjut sebagai berikut :

Purwarupa

- Pada bagian jari, ukuran panjang di sesuaikan dengan panjang telapak pasien agar dapat proporsi prosthesis dengan pasien.
- Bentuk jari menyerupai bentuk jari. Namun tidak menambah dan mengurangi fungsi gerak mekanisme jari.
- Memiliki tambahan tensioner pada bagian siku
- Memiliki penutup bagian atas dan bawah untuk meningkatkan kepercayaan diri namun tidak meninggalkan konsep breathable.

Rehabilitasi

- Untuk penggunaan pertama kali antara purwarupa dan pasien diperlukan menggunakan tensioner bantuan pada bagian siku untuk penggunaan awal. Dikarenakan otot siku masih dalam keadaan normal. Penggunaan tensioner ini digunakan sampai pasien mulai terbiasa menggunakannya kemudian latihan dengan menggunakan otot pergelangan.
- Menggunakan zat pelembab kulit atau material lain yang lebih baik lagi dan aman bagi karakter kulit pasien kusta. Dari jenis collagen/zat atau material lain harus bisa mengkomobil lebih baik lagi dari segi durasi pemakaian, penggunaan zat pelembab yang gampang, dan memiliki nilai ekonomis untuk proses rehabilitasi pasien kusta.
- Dikarenakan kondisi sosial yang kadang pasien adalah sebatang kara. Diperlukan desain yang memiliki cara pemakaian yang mudah agar prosthesis dapat digunakan sendiri oleh pasien dan melatih kemandirian & kepercayaan diri pasien.

Saran penelitian ini masih memiliki kekurangan dari segi purwarupa dan skenario rehabilitasi terhadap pasien serta ada beberapa riset yang dapat di lakukan dan di tingkatkan lagi demi kemajuan prosthesis untuk rehabilitasi kusta. Kekurangan riset ini adalah proses fitting yang lebih efisien, data kondisi sosial pasien untuk proses rehabilitasi pasien, zat/material yang aman bagi karakter kulit kusta, Skenario pengambilan data telapak pasien. Demikian pemaparan riset tentang "Rancang Bangun Prosthesis Bagian Telapak Tangan Untuk Rehabilitasi Penderita Kusta Dengan Konsep Personal Fit, Breathable, dan Light Movement.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Indonesia, Kementerian Kesehatan Republik.** *Pedoman Nasional Program Pengendalian Penyakit Kusta.* Jakarta : Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012.
2. **Chandra.** *Eksisting Prosthetis kaki di Surabaya Prosthetic dan Orthopedic.* [terwawancara] Andrian Firmansyah & Maulana Rahman. 20 September 2016.
3. **Indonesia, Pusat Data dan Informasi Kementerian Republik.** *Kusta_Hari Kusta Sedunia.* Jakarta : Departemen Kesehatan Republik Indonesia , 2015.
4. *International Journal and Industrial Ergonomics* . **Tan Kan Chuan, Markus Hartono, Naresh Kumar.** 2010, Anthropometry of the Singapore and Indonesian Populations, hal. 757-766.
5. **Lars Brubaker, Kevin Paus, Michael Hulse,.** 3D Printing. *MatterHackers.* [Online] 21 Juny 2017. www.matterhackers.com.
6. **Schull, Jon.** Wrist Powered . *Enabling the Future.* [Online] 23 juni 2014. www.enablingthefuture.org.
7. **Neo, Pedro Ruiz.** Calibrate for Your 3D Printing. *Simplify3D.* [Online] 4 Desember 2015. www.simplify3d.com.
8. **Corp, Dassault Systemes Solidworks.** Forum Solidworks. *Solidworks.* [Online] 7 Agustus 2017. www.forum.solidworks.com/community/simulation/activity.
9. **Pak Khusaeri, Pak Abdullah, Pak Simo,.** *Pengambilan data tangan pasien.* [terwawancara] Team HUCED. 26 Oktober 2016.
10. **Kesehatan, BPJS.** Panduan Praktis Pelayanan Alat Kesehatan. *Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS).* [Online] 1 Januari 2014. www.bpjs-kesehatan.go.id/dmdocuments.
11. **Indonesia, Kementerian Republik.** Database Kesehatan Republik Indonesia. *Bank Data DeKes.* [Online] 1 Januari 2012. www.bankdata.depkes.go.id/nasional/public/report/createtablepti.
12. *WHO Expert Committee on Leprosy.* **Organization, World Health.** 2012, Leprosy, hal. 40-45.
13. **Khusaeri.** *Usability Tes 1, Fitting Purwarupa 3 dan 4.* [terwawancara] Team HUCED. 17 February 2017.
14. —. *Usability Tes 2, Fitting Purwarupa 5.* [terwawancara] Team HUCED. 12 Juli 2017.

15. **Smith, Zach "Hoeken" dan Prettis, Bre.** Prosthetic Hand by e-Nable Flexy-Hand 2. *Thingiverse*. [Online] 3 Juli 2014. www.thingiverse.com.
16. —. Prosthetic Hand By BqLabs. *Thingiverse*. [Online] 25 April 2016. www.thingiverse.com.
17. —. Prosthetic Hand by e-Nable Phoenix hand V2. *Thingiverse*. [Online] 30 Maret 2016. www.thingiverse.com.
18. **Gatot.** *Produk eksisting rehabilitasi & kondisi kecacatan kusta*. [terwawancara] Andrian FIrmanSyah. 25 Oktober 2016.

BIODATA PENULIS



Andrian Firmansyah atau biasa dipanggil Andre, lahir di Kota Sumenep pada tanggal 08 Oktober 1994. Anak keenam dari enam bersaudara, dari pasangan Ayah Alm. Tajudin Nur dan Ibu Alm. Nur Hasanah. Pendidikan yang pernah dilalui adalah bersekolah di SDN Pangarangan 1 Sumenep, SMPN 1 Sumenep, SMAN 1 Sumenep dan pada akhirnya pada tahun 2013 penulis menjadi mahasiswa program sarjana (S-1) Departemen Desain Produk jalur SNMPTN dengan beasiswa BIDIKMISI ITS dengan NRP 3413100051. Selama berkuliah, penulis pernah melaksanakan kerja lapangan di CV. IP3D yang bergerak di bidang *3D Printing*. Penulis menangani alat kesehatan untuk rehabilitasi kusta dengan metode *Rapid*

Prototyping dan *Reverse Engineerinnng* dengan bekerja sama dengan instansi terkait yaitu Rumah Sakit Kusta Sumberglagah Mojokerto.

Kini penulis telah menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Prosthesis Bagian Telapak Tangan untuk Rehabilitasi Penderita Kusta dengan Konsep *Personal Fit*, *Breathable*, dan *Ligth Movement*”.

HP : 082257624746

Email : andreanaktajudinnur@gmail.com